



Tesis - RG 142509

**ANALISA CITRA SATELIT PENGINDERAAN JAUH  
LANDSAT-8 UNTUK IDENTIFIKASI KONDISI  
GEOLOGI WILAYAH VULKANIK  
(Studi Kasus: Gunung Penanggungan,  
Jawa Timur)**

HENDRA BAHAR  
NRP. 3513201009

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Muhammad Taufik

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK GEOMATIKA  
JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



Thesis - RG 142509

# **LANDSAT-8 REMOTE SENSING ANALYSIS FOR GEOLOGICAL IDENTIFICATION IN VOLCANIC REGION (Case Study: Mount Penanggungan, East Java)**

HENDRA BAHAR  
NRP. 3513201009

SUPERVISOR  
Dr. Ir. Muhammad Taufik

MAGISTER PROGRAM  
GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***


**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh  
gelar  
Magister Teknik (MT)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**oleh :  
HENDRA BAHAR  
NRP. 3513201009**

**Tanggal Ujian : 25 Juli 2016  
Periode Wisuda : 114**

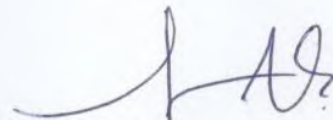
**Disetujui oleh :**

**1. Dr. Ir. Muhammad Taufik  
NIP: 19550919 198603 1001**




**(Pembimbing)**

**2. Ira Mutiara Anjasmara, S.T., M.Phil., Ph.D.  
NIP: 19781231 200212 2001**



**(Penguji)**

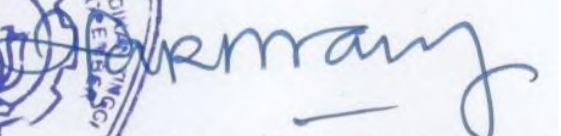
**3. Mokhamad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D.  
NIP: 19811223 200501 1002**



**(Penguji)**



**Direktur Program Pasca Sarjana,**



**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19601202 198701 1001**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

**ANALISA CITRA SATELIT PENGINDERAAN JAUH  
LANDSAT-8 UNTUK IDENTIFIKASI  
KONDISI GEOLOGI WILAYAH VULKANIK  
(Studi Kasus: Gunung Penanggungan, Jawa Timur)**

Nama Mahasiswa : Hendra Bahar  
NRP. : 3513201009  
Pembimbing : Dr. Ir. Muhammad Taufik

**ABSTRAK**

Gunung Penanggungan merupakan salah satu gunungapi yang berada di wilayah Propinsi Jawa Timur, dengan kondisi hingga saat ini sedang tidak aktif. Namun demikian penyelidikan terkait kondisi geologi akan selalu menarik untuk dilakukan karena belum banyak penelitian terdahulu yang dilakukan di wilayah tersebut. Teknologi penginderaan jauh dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis batuan dan sebarannya berdasarkan karakteristik visual yang terlihat pada citra penginderaan jauh. Citra satelit Landsat-8 dapat mengidentifikasi variasi batuan, struktur geologi, dan kondisi geologi lainnya berdasarkan karakteristik visualnya.

Pada citra Landsat-8 telah diterapkan koreksi geometri sistematis, namun masih perlu dilakukan koreksi radiometrik karena data citra berformat *Digital Number (DN)*. Terdapat dua jenis produk luaran citra berformat reflektan yang dihasilkan, yaitu *Top of Atmosphere (TOA)* atau reflektan yang tertangkap sensor dan *Bottom of Atmosphere (BOA)* atau reflektan pada objek yang telah terkoreksi atmosfer.

Kombinasi kanal citra Landsat-8 menggunakan kombinasi kanal 5, 6, dan 7 dalam susunan kanal merah, hijau, dan biru (*red green blue/RGB*). Kanal 5, 6, dan 7 merupakan kanal infra merah. Citra kombinasi kanal ini akan menghasilkan citra komposit dengan warna semu (*pseudocolor*). Kanal ini peka terhadap perubahan jenis batuan sehingga sebaran batuan dapat diidentifikasi dari citra komposit ini. Pengamatan geologi lapangan juga dilakukan untuk merekam data kondisi geologi terkini di lokasi penelitian. Data yang didapat berupa jenis litologi, struktur geologi, pola aliran maupun bentuk morfologi.

Dari pengamatan citra satelit Landsat-8 serta digabungkan dengan hasil pengamatan geologi lapangan, terlihat bahwa di daerah penelitian merupakan morfologi pegunungan, terbagi dalam puncak gunungapi (berupa daerah bekas kawah gunung), kerucut gunungapi, lereng gunung api tajam, lereng kaki gunungapi, serta perbukitan sesar. Sedangkan litologi penyusun lokasi penelitian secara umum terdiri dari 4 (empat) jenis batuan, yaitu bongkah andesit, breksi tufan, lava andesit, dan breksi andesit. Batuan tersebut merupakan produk hasil vulkanisme Gunung Penanggungan.

Kata kunci: gunungapi, geologi, koreksi atmosfer, Landsat-8

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



# **LANDSAT-8 REMOTE SENSING ANALYSIS FOR GEOLOGICAL IDENTIFICATION IN VOLCANIC REGION (Case Study: Mount Penanggungan, East Java)**

Student Name : Hendra Bahar  
NRP. : 3513201009  
Supervisor : Dr. Ir. Muhammad Taufik

## **ABSTRACT**

Mt. Penanggungan are one of volcanic mountains that located in East Java Province, with the latest condition is unactive. However, the observation due to the geological condition in Mt. Penanggungan still an interesting topic to be discussed, according there are still leess researcher that make Mt. Penanggungan as an object. Remote sensing teknologi can be use to identification the unit of lithology from it visual characteristic showed in remote sensing imagery. Landsat-8 imagery can identification the variance of lithology, geological structure, and others geological features.

Landsat-8 satellite has had corrected geomatrically, but still need to be corrected radiometrically and atmosferically. Therea are two image output that result from it, the *Top of Atmosphere (TOA)* and the *Bottom of Atmosphere (BOA)*.

Band combination of Landsat-8 can use the 5, 6, and 7 band combination as *red green blue* (RGB). The 5, 6, and 7 bands are infra red band. This combination can produce composite image with *pseudocolor*. This bands can be show the change of lithology and it covered in some area. Geological field observer is make to recorded latest geological condition. The data are, lithological unit, geological structure, stream pattern, and morphology.

From the unite of Landsat-8 image analysis with the geological field observer, show the mountain morphology in Mount Penanggungan, that devide into; small caldera on the top, volcanic strato, volcanic slope, volcanic foot slope, and the structural hill. The units of lithology in Mount Penanggungan are; andesitic boulder, tuff breccia, andesitic lava, and andesitic breccia.

Keywords: volcanic, geology, atmosferic correction, Landsat-8

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xxi</b>

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Geologi Regional .....	5
2.1.1 Fisiografi Regional .....	5
2.1.2 Geomorfologi Regional .....	6
2.1.3 Stratigrafi Regional .....	7
2.2 Teknologi Penginderaan Jauh .....	8
2.2.1 Satelit Penginderaan Jauh Landsat-8.....	10
2.2.2 Koreksi Radiometrik .....	12
2.2.3 Kalibrasi Radiometrik .....	13
2.2.4 Koreksi Atmosfer .....	15
2.2.5 Identifikasi dan Deliniasi Litologi pada Citra Satelit.....	17
2.3 Perangkat Lunak Pengolahan .....	18
2.4 Penelitian Terdahulu.....	19

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Lokasi Penelitian .....	23
3.2 Data dan Peralatan .....	24
3.2.1 Data.....	24
3.2.2 Peralatan .....	24
3.3 Metodologi Penelitian .....	24
3.3.1 Tahap Penelitian .....	24
3.3.2 Pengambilan Data.....	26
3.3.3 Pengolahan Data .....	26

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Pra Pengolahan Citra Satelit Landsat 8 .....	29
4.1.1 Kalibrasi Radiometrik .....	29
4.1.2 Koreksi Atmosfer.....	30
4.2 Pengamatan Geologi Lapangan .....	31
4.2.1 Verifikasi Pengamatan Geologi Lapangan .....	33
4.3 Pengolahan Citra Satelit Landsat 8 untuk Kajian Geologi .....	34
4.3.1 Geomorfologi Daerah Penelitian .....	36
4.3.2 Geologi Daerah Penelitian .....	37

### **BAB 5 PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran .....	39

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>41</b>
-----------------------------	-----------

### **LAMPIRAN**

### **BIOGRAFI PENULIS**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Stratigrafi regional lokasi penelitian, menurut Schmid, 1981 .....	8
Tabel 2.2 Spesifikasi kanal spektral sensor pencitra <i>LDCM</i> Landsat 8.....	12
Tabel 4.1 Parameter koreksi atmosfer dari <i>6SV</i> .....	30
Tabel 4.2 Data hasil pengamatan geologi lapangan.....	31

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Zona fisiografi Jawa Timur .....	6
Gambar 2.2 Stratigrafi regional lokasi penelitian .....	7
Gambar 3.1 Lokasi penelitian wilayah G. Penanggungan .....	23
Gambar 3.2 Tahapan penelitian .....	24
Gambar 3.3 Tahap pengolahan data.....	26
Gambar 4.1 Sebaran lokasi pengamatan geologi di wilayah penelitian .....	32
Gambar 4.2 Lokasi dengan litologi breksi andesit di LP-7.....	32
Gambar 4.3 Lokasi dengan litologi lava andesit di LP-10.....	33
Gambar 4.4 Citra Landsat 8 terkalibrasi atmosfer <i>BOA</i> , dengan <i>RGB</i> kanal 5, 4, dan 3 untuk interpretasi tutupan lahan.....	34
Gambar 4.5 Citra Landsat 8 terkalibrasi atmosfer <i>BOA</i> , dengan <i>RGB</i> kanal 5, 6, dan 7 untuk interpretasi geologi .....	35
Gambar 4.6 Citra Landsat 8 terkalibrasi atmosfer <i>BOA</i> , dengan <i>band ratio RGB</i> kanal 4/2, 5/6, dan 6/7 untuk interpretasi geologi .....	35
Gambar 4.7 Peta Geomorfologi daerah penelitian berdasarkan klasifikasi citra Landsat 8 dan hasil pengamatan geologi lapangan .....	36
Gambar 4.8 Keberadaan kelurusan ( <i>lineament</i> ) berupa garis putus-putus warna hitam pada citra Landsat 8 dengan komposit warna kanal 5, 6, dan 7 sebagai <i>RGB</i> .....	37
Gambar 4.9 Peta Geologi daerah penelitian berdasarkan klasifikasi citra Landsat 8 dan hasil pengamatan geologi lapangan .....	38

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## DAFTAR NOTASI

Notasi 2.1 Merubah <i>Digital Number</i> ke Radian .....	14
Notasi 2.2 Merubah <i>Digital Number</i> ke Reflektan <i>TOA</i> .....	14
Notasi 2.3 Merubah Reflektan <i>TOA</i> ke Reflektan <i>TOA</i> Terkoreksi .....	15
Notasi 2.4 Komponen Pengaruh Efek Atmosfer pada Reflektan <i>TOA</i> .....	15
Notasi 2.5 Bentuk Penyederhanaan Efek Atmosfer pada Reflektan <i>TOA</i> .....	16
Notasi 2.6 Perhitungan Nilai Y Hasil Pemodelan Koreksi Atmosfer	
Menggunakan <i>6SV</i> .....	16
Notasi 2.7 Perhitungan Nilai <i>BOA</i> Hasil Pemodelan Koreksi Atmosfer	
Menggunakan <i>6SV</i> .....	16
Notasi 2.8 Sebaran Transmittan dari Kolom Atmosfer.....	17

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- LAMPIRAN 1**    **HASIL PEMODELAN KANAL CITRA SATELIT  
LANDSAT-8 MENGGUNAKAN 6SV**
- LAMPIRAN 2**    **METADATA CITRA SATELIT LANDSAT-8 *PATH* 118  
*ROW* 65 TANGGAL PEREKAMAN 22 OKTOBER 2015**
- LAMPIRAN 3**    **PETA-PETA HASIL OLAH DATA CITRA SATELIT  
LANDSAT-8 REFLEKTAN *BOA* DIKOMBINASIKAN  
DENGAN HASIL PENGAMATAN GEOLOGI  
LAPANGAN**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara kepulauan yang sangat luas dan memiliki rangkaian gunungapi yang membentang dari bagian paling barat Sumatera hingga bagian timur Papua. Keberagaman gunungapi tersebut menyimpan beragam sumberdaya alam. Penyelidikan geologi suatu wilayah bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi geologi pada suatu wilayah, terutama terkait kondisi litologi penyusunnya dan informasi pendukung berupa bentuk bentang alam, pola aliran permukaan, serta struktur geologi yang terdapat di wilayah tersebut.

Gunung Penanggungan merupakan salah satu gunungapi yang berada di wilayah Propinsi Jawa Timur, dengan kondisi hingga saat ini sedang tidak aktif. Namun demikian penyelidikan terkait kondisi geologi akan selalu menarik untuk dilakukan karena belum banyak penelitian terdahulu yang dilakukan di wilayah tersebut. Posisi Gunung Penanggungan berada di antara dua kabupaten, yaitu Kabupaten Mojokerto (sisi barat) dan Kabupaten Pasuruan (sisi timur), berjarak kurang lebih 25 km dari Kota Surabaya, secara geografis Gunung Penanggungan terletak pada 07°36'50" Lintang Selatan dan 112°37'10" Bujur Timur.

Proses vulkanik yang membentuk Gunung Penanggungan menghasilkan beberapa bentukan gunungapi kecil yakni Gunung Bekel pada arah barat Gunung Penanggungan, Gunung Genting pada bagian utara Gunung Penanggungan, Gunung Kemuncup pada bagian timur Gunung Penanggungan, Gunung Bendo pada bagian selatan gunung penanggungan, Gunung Wangi pada bagian tenggara Gunung Penanggungan, dan Gunung Gajahmungkur pada bagian timur laut Gunung Penanggungan.

Pemetaan geologi wilayah Gunung Penanggungan akan lebih efektif dilakukan bila menggunakan metode yang efisien, mengingat wilayah Gunung Penanggungan yang relatif luas. Untuk itu metode yang sesuai adalah

menggunakan teknologi penginderaan jauh. Penginderaan jauh dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis batuan dan sebarannya berdasarkan karakteristik visual yang terlihat pada citra penginderaan jauh. Citra satelit Landsat 8 dapat mengidentifikasi variasi batuan, struktur geologi, maupun sebaran gunungapi berdasarkan karakteristik visualnya. Dengan menginterpretasi sebaran batuan, batas-batas gunungapi, serta struktur geologi dari citra maka geologi gunung api yang ada di daerah penelitian dapat diketahui.

Citra satelit penginderaan jauh Landsat 8 diluncurkan oleh *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* dan dikelola oleh *United States Geological Survey (USGS)* sebagai pengguna data. Berdasarkan *Data Format Control Book/DFCB (USGS, 2012)*, citra satelit Landsat 8 yang beredar dan digunakan oleh masyarakat adalah citra satelit Landsat 8 Level 1T, pada citra ini telah diterapkan koreksi geometri sistematis, namun masih perlu dilakukan koreksi radiometrik karena data citra berformat *Digital Number (DN)*. Koreksi atmosfer dibutuhkan untuk merubah data dari format *DN* ke radian atau reflektan. Terdapat dua jenis produk luaran citra berformat reflektan yang dihasilkan, yaitu *Top of Atmosphere (TOA)* atau reflektan yang tertangkap sensor dan *Bottom of Atmosphere (BOA)* atau reflektan pada objek yang telah terkoreksi atmosfer.

Kanal yang ada pada citra satelit Landsat 8 tersebut akan sangat membantu dalam pembuatan citra komposit daerah penelitian yang berguna untuk memperjelas kenampakan geologi di permukaan bumi yang tampak pada citra. Pendekatan fisik medan dilakukan dengan interpretasi visual secara digital (*screen digitizer*) untuk memperoleh informasi geologi permukaan dari teknik pengolahan citra berupa kombinasi kanal (*color composite*), dan perbandingan kanal (*band ratio*). Dengan menginterpretasi sebaran batuan, batas-batas gunungapi, serta struktur geologi dari citra Landsat 8 maka kondisi geologi Gunung Penanggungan dapat diketahui.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Gunung Penanggungan sudah lama menjadi gunungapi yang tidak aktif, sehingga penelitian terkait sebaran litologi di wilayah Gunung Penanggungan juga

belum banyak yang melakukan. Untuk itu pemetaan litologi di wilayah Gunung Penanggungan akan sangat menarik dilakukan karena dapat menghasilkan informasi yang berguna bagi kelanjutan penelitian terkait kondisi geologi yang lebih detil.

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, yang menjadi pertanyaan dalam penelitian ini antara lain adalah:

- a) Bagaimanakah analisa citra satelit Landsat 8 yang dilakukan terhadap interpretasi geologi di wilayah Gunung Penanggungan?
- b) Bagaimanakah kondisi geologi yang dihasilkan di wilayah Gunung Penanggungan?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

- a) Penelitian dilakukan di wilayah Gunung Penanggungan.
- b) Citra satelit yang digunakan adalah hasil perekaman dari satelit Landsat 8 untuk wilayah Gunung Penanggungan yaitu pada *Path* 118 dan *Row* 65.
- c) Data pengamatan lapangan (*groundtruth*), merupakan data posisi, serta pengamatan geologi lapangan.
- d) Data lainnya yang digunakan adalah Peta Geologi Lembar Malang dan Peta Rupa Bumi Indonesia.
- e) Metode pengolahan citra satelit Landsat 8 yang digunakan adalah *color composite*, *band ratio*, dan interpretasi serta delineasi sebaran batuan dan obyek geologi lainnya di lokasi penelitian.
- f) Hasil penelitian ini adalah peta kondisi geologi wilayah Gunung Penanggungan serta informasi terkait kondisi geologi di lokasi tersebut.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- a) Untuk mengetahui metode analisa citra satelit Landsat 8 yang dilakukan dalam menginterpretasikan kondisi geologi di wilayah Gunung Penanggungan.
- b) Untuk mengetahui kondisi geologi yang terkini di wilayah Gunung Penanggungan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan gambaran kondisi geologi terkini di wilayah Gunung Penanggungan yang merupakan hasil analisa citra satelit penginderaan jauh Landsat 8.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Geologi Regional**

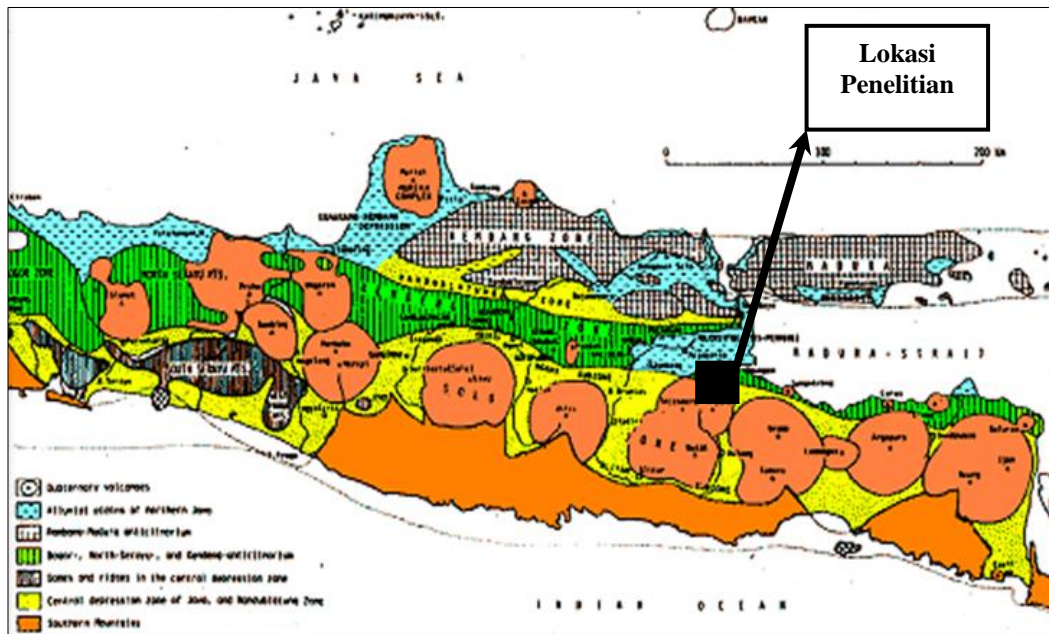
Geologi regional merupakan gambaran kondisi geologi suatu wilayah dengan cakupan wilayah yang cukup luas, mendeskripsikan; jenis batuan penyusun wilayah dalam satuan formasi batuan, morfologi bentuk bentang alam yang terdapat pada suatu wilayah, struktur geologi yang berkembang serta potensi geologi lainnya. Umumnya kondisi geologi regional ini ditampilkan dalam bentuk peta geologi dengan skala  $\leq 1:100.000$ .

##### **2.1.1 Fisiografi Regional**

Van Bemmelen (1949) membagi fisiografi Jawa Timur secara detail menjadi 7 (tujuh) zona fisiografi (gambar 2.1):

1. Dataran aluvial utara Jawa.
2. Perbukitan Rembang dan Madura.
3. Depresi Randublatung.
4. Perbukitan Kendeng.
5. Dataran Tengah Jawa Timur.
6. Lajur Solo – Gunungapi Kuarter
7. Pegunungan Selatan.

Lokasi penelitian secara geologi regional termasuk dalam Peta Geologi Lembar Malang. Menurut Nachrowi (1978, dalam Santosa dan Suwarti, 1992) Peta Geologi Lembar Malang terletak pada Lajur Solo – Gunungapi Kuarter yang diapit oleh Lajur Kendeng di bagian utara dan Lajur Pegunungan Selatan di bagian selatan.



Gambar 2.1 Zona fisiografi Jawa Timur (Van Bemmelen, 1949)

### 2.1.2 Geomorfologi Regional

Lajur Solo – Gunungapi Kuarter terdiri atas pegunungan dan kerucut gunungapi antara lain G. Kawi, G. Anjasmara, G. Arjuna-Welirang, G. Penanggungan, dan Pegunungan Tengger-Semeru. Lajur Pegunungan Selatan terdiri dari deretan pegunungan, perbukitan dan dataran yang membentang dari barat ke timur serta ditempati sebagian besar oleh batuan sedimen, piroklastika, karbonat dan batuan terobosan (Santosa dan Suwarti, 1992).

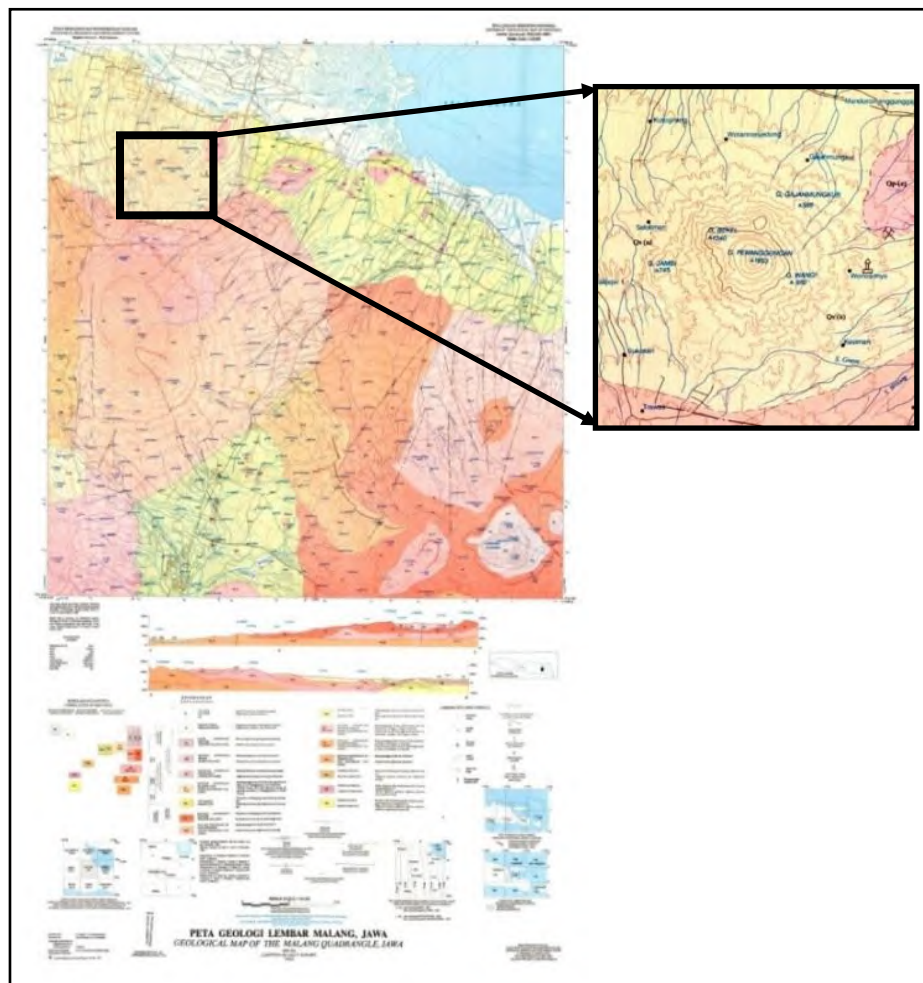
Morfologi pada lokasi penelitian berdasarkan Peta Geologi Lembar Malang (Santosa dan Suwarti, 1992), yaitu berupa pegunungan. Pegunungan menempati bagian timur, tenggara, barat, dan barat laut Peta Geologi Lembar Malang yang dicirikan oleh bentuk strato, berketinggian antara 600 hingga 2000 meter di atas muka air laut.

Puncak di lokasi penelitian adalah Gunung Penanggungan (1653 m). Pola aliran sungai dendritik, radial, paralel, dan bersifat permanen hingga temporal. Kemiringan lereng berkisar 30° hingga 60°, serta ditempati dominan oleh batuan epiklastika dan pirolastika.

### 2.1.3 Stratigrafi Regional

Pada Peta Geologi Lembar Malang (Santosa dan Suwarti, 1992) tersingkap batuan klastika, epiklastika, piroklastika, dan aluvium, yang berumur Plistosen Awal – Resen. Satuan litologi yang menyusun wilayah penelitian terdiri dari:

- a) Satuan Batuan Gunungapi Kuartar Atas (Qvn), Gunung Penanggungan, yang terdiri dari breksi gunungapi, lava, tuf, breksi tufan, aglomerat dan lahar, yakni merupakan endapan piroklastika parasit pada lereng G. Welirang dan G. Kawi dengan umurnya diperkirakan Holosen.
- b) Satuan Batuan Gunungapi Kuartar Tengah (Qpr), Gunung Ringgit, yang terdiri dari breksi gunungapi, lava, tuf, aglomerat dan lahar, merupakan endapan piroklastika bersifat intermediet hingga agak basa. Umurnya diperkirakan Plistosen Tengah sampai Plistosen Akhir bagian awal.



Gambar 2.2 Stratigrafi regional lokasi penelitian (Santosa dan Suwarti, 1992)

Tabel 2.1 Stratigrafi regional lokasi penelitian, menurut Schmid, 1981

UMUR	SATUAN BATUAN	LITOLOGI	FOSIL	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
K U A R T E R ( Q U A T E R N A R Y )	H O L O S E N	A L U V I U M	Kerakal, kerikil, pasir, lempung dan lumpur	DARAT
		ENDAPAN TERAS	Konglomerat, batupasir, lempung dan tuf pasiran.	DARAT
		PASIR GUNUNGAPI TENGGER	Pasir gunungapi, bom gunungapi dan batuapung.	DARAT
	M U D A	BATUAN GUNUNGAPI BROMO	Breksi gunungapi, lava, tuf, breksi tuf dan lahar.	DARAT
		ENDAPAN ROMBAKAN CEMARATIGA	Breksi tuf, lahar dan reruntuhan gunungapi.	DARAT
		BATUAN GUNUNGAPI PANDERMAN	Breksi gunungapi, lava tuf, tuf breksi, aglomerat dan lahar.	DARAT
	K U A R T E R	BATUAN GUNUNGAPI PENANGGUNGAN		
		G.A. KUARTER ATAS		
		TUFA RABANO	Tuf pasiran, tuf batuapung tuf breksi dan tuf halus.	DARAT
	A K H I R	BATUAN GUNUNGAPI ARJUNA-WE LIRANG	Arjuna welirang : Breksi gunungapi, lava, tuf breksi tuf, aglomerat dan lahar. Tengger muda : Tuf breksi, tuf pasiran, tuf batuapung, tuf halus, lava, aglomerat dan lahar	DARAT
		BATUAN GUNUNGAPI TENGGER MUDA		
		TUFA MALANG	Tuf batuapung, tuf pasiran, tuf breksi, tuf halus, tuf lapili	DARAT
	P L I S T O S E N	BATUAN GUNUNGAPI KAWI-BUTAR	Formasi welang : Batupasir tufan, batupasir, lempung konglomerat dan tuf	DARAT
		BATUAN GUNUNGAPI RINGGIT		
		BATUAN GUNUNGAPI BURING		
	T E N G A H	BATUAN GUNUNGAPI TENGGER TUA	Breksi gunungapi, tuf.. lava, aglomerat dan lahar	DARAT
		FORMASI JEMBANG		
		BATUAN GUNUNGAPI KUARTER BAWAH	Breksi gunungapi, breksi tuf, lava tuf dan aglomerat	DARAT
	A w a l	BATUAN GUNUNGAPI ANJASMARA MUDA	Breksi gunungapi, tuf breksi, tuf dan lava.	DARAT
		BATUAN GUNUNGAPI JEMBANGAN	FORMASI JOMBANG Breksi, batupasir tufan, batulempung tuf, lempung, batugamping dan tuf	DARAT DAN LITORAL
		BATUAN GUNUNGAPI GENDIS	Batupasir tufan, batulempung tufan batu pasir gampingan, konglomerat lempung dan tuf.	DARAT DAN LAUT

Sumber: Santosa dan Suwarti, 1992

## 2.2 Teknologi Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, dan fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 2000). Observasi dilakukan dengan

menggunakan wahana terbang dan satelit. Secara khusus, penginderaan jauh merupakan suatu metode untuk mendeteksi dan menghitung karakteristik suatu target objek dengan menggunakan energi elektromagnetik termasuk cahaya, panas, dan gelombang radio.

Konsep dasar penginderaan jauh terdiri dari beberapa elemen meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan objek, sensor, dan sistem pengolahan data. Pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan dengan menggunakan alat pengindra disebut sensor. Sensor pengumpul data penginderaan jauh umumnya dipasang dalam suatu platform yang berupa pesawat terbang atau satelit. Data penginderaan jauh berupa citra (*imagery*). Data tersebut dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang objek, daerah atau fenomena yang diteliti. Proses penerjemahan data penginderaan jauh menjadi informasi disebut interpretasi data. Apabila interpretasi dilakukan secara digital maka disebut interpretasi citra digital (*digital image interpretation*).

Seluruh sistem penginderaan jauh memerlukan sumber energi baik aktif (misalnya, sistem penginderaan jauh radar) maupun pasif (misalnya, sistem penginderaan jauh satelit secara optik). Spektrum elektromagnetik merupakan berkas dari tenaga elektromagnetik yang meliputi sinar gamma, x, ultraviolet, tampak, inframerah, gelombang mikro, dan gelombang radio. Spektrum elektromagnetik yang biasa digunakan dalam penginderaan jauh adalah sebagian dari spektrum ultraviolet (0,3 – 0,4 mm), spektrum tampak (0,4 – 0,7 mm), spektrum inframerah dekat (0,7 – 1,3 mm), spektrum inframerah thermal (3 – 18 mm), dan gelombang mikro (1 mm – 1 m).

Dalam dunia penginderaan jauh, terdapat dua sistem tenaga pada wahana yaitu sistem aktif dan sistem pasif.

- a) Sistem Aktif. Pada wahana yang menggunakan sistem aktif, sumber tenaga utama yang dibutuhkan oleh satelit berasal dari sumber lain yang tidak terintegrasi dalam wahana. Sumber tenaga yang dimaksud biasanya berupa energi yang berasal dari matahari. Beberapa wahana yang menggunakan sistem ini antara lain Aster, Landsat, SPOT, NOAA, MODIS dan lainnya.
- b) Sistem Pasif. Pada wahana yang menggunakan sistem pasif, sumber tenaga utama yang dibutuhkan oleh wahana menggunakan tenaga elektromagnetik

yang dibangkitkan oleh sensor radar (*radio detecting and ranging*) yang terintegrasi pada wahana tersebut. Beberapa wahana yang menggunakan sistem ini antara lain Radarsat, JERS, ADEOS dan lainnya.

Teknologi penginderaan jauh dapat diaplikasikan sebagai metode dalam analisa kondisi geologi suatu wilayah, interpretasi citra dapat membedakan jenis litologi penyusun, bentuk-bentuk struktur geologi yang berkembang, serta morfologi yang ada pada suatu wilayah.

Analisa citra satelit untuk menginterpretasikan kondisi geologi pada suatu wilayah dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa teknik analisa citra, antara lain:

- *Color composite* (membuat *false color combination* – FCC)
- *Band ratio* atau *band index*
- *Principle component analysis* (PCA)
- *Minimum noise fraction* (MNF)
- *Spectral analysis*
- *Supervised* dan *unsupervised classification*

### **2.2.1 Satelit Penginderaan Jauh Landsat-8**

Program Landsat adalah program untuk mendapatkan citra bumi dari luar angkasa. Satelit Landsat pertama diluncurkan pada tahun 1972 dan yang paling akhir Landsat 8, diluncurkan tanggal 11 Februari 2013. Instrumen satelit-satelit Landsat telah menghasilkan jutaan citra. Citra-citra tersebut diarsipkan di Amerika Serikat dan stasiun-stasiun penerima Landsat di seluruh dunia yang memiliki sumberdaya untuk riset perubahan global dan aplikasinya pada pertanian, geologi, kehutanan, perencanaan daerah, pendidikan, dan keamanan nasional.

*Landsat Data Continuity Mission (LDCM)* atau dikenal juga dengan nama Landsat 8 merupakan satelit generasi terbaru dari Program Landsat. Satelit ini merupakan project gabungan antara USGS dan NASA beserta NASA *Goddard Space Flight Center* dan diluncurkan pada hari Senin, 11 Februari 2013 di Pangkalan Angkatan Udara Vandenberg, California - Amerika Serikat.



Satelit Landsat 8 yang direncanakan mempunyai durasi misi selama 5 – 10 tahun ini, dilengkapi dua sensor yang merupakan hasil pengembangan dari sensor yang terdapat pada satelit-satelit program Landsat sebelumnya. Kedua sensor tersebut yaitu:

1. *Onboard Operational Land Imager (OLI)* pada Landsat 8 yang merupakan buatan Ball Aerospace. Sistem sensor ini memiliki 9 (sembilan) kanal dan terdapat 2 (dua) kanal yang baru, yaitu: *Deep Blue Coastal/Aerosol Band* (0,433 – 0,453 mikrometer) untuk deteksi wilayah pesisir serta *Shortwave-InfraRed Cirrus Band* (1,360 – 1,390 mikrometer) untuk deteksi awan cirrus.
2. *Sensor Thermal InfraRed Sensors (TIRS)*. Instrumen ini juga terdapat pada satelit Landsat 8. Sensor ini dibuat oleh NASA *Goddard Space Flight Center*, terdapat 2 (dua) kanal pada region *thermal* yang mempunyai resolusi spasial 100 meter.

Dibandingkan versi-versi sebelumnya, Landsat 8 memiliki beberapa keunggulan khususnya terkait spesifikasi kanal-kanal yang dimiliki maupun panjang rentang spektrum gelombang elektromagnetik yang ditangkap. Sebagaimana telah diketahui, warna objek pada citra tersusun atas 3 (tiga) warna dasar, yaitu *Red*, *Green* dan *Blue (RGB)*. Dengan makin banyaknya kanal sebagai penyusun komposit *RGB*, maka warna-warna obyek menjadi lebih bervariasi (USGS, 2013).

Sebelumnya tingkat keabuan (*Digital Number/DN*) pada citra Landsat berkisar antara 0 – 255. Dengan hadirnya Landsat 8, nilai *DN* memiliki interval yang lebih panjang, yaitu 0 – 65535. Kelebihan ini merupakan akibat dari peningkatan sensitifitas Landsat dari yang semula tiap piksel memiliki kuantifikasi 8 bit, sekarang telah ditingkatkan menjadi 16 bit. Tentu saja peningkatan ini dapat lebih membedakan tampilan obyek-obyek di permukaan bumi sehingga mengurangi terjadinya kesalahan interpretasi. Tampilan citra pun menjadi lebih halus, baik pada kanal multispektral maupun pankromatik (USGS, 2013).

Terkait resolusi spasial, Landsat 8 memiliki kanal-kanal dengan resolusi tingkat menengah, setara dengan kanal-kanal pada Landsat 5 dan Landsat 7. Umumnya kanal pada *OLI* memiliki resolusi 30 m, kecuali untuk pankromatik 15

m. Dengan demikian produk-produk citra yang dihasilkan oleh Landsat 5 dan Landsat 7 pada beberapa dekade yang lampau masih relevan bagi studi data *time series* terhadap Landsat 8 (USGS, 2013).

Tabel 2.2 Spesifikasi kanal spektral sensor pencitra *LDCM* Landsat 8

<b>Landsat 8</b>  <i>Operational Land Imager (OLI)</i>  <b>dan</b>  <i>Thermal Infrared Sensor (TIRS)</i>	<b>Kanal</b>	<b>Panjang Gelombang (mikrometer)</b>	<b>Resolusi (meter)</b>
	Kanal 1 - <i>Coastal Aerosol</i>	0,43 – 0,45	30
	Kanal 2 – <i>Blue</i>	0,45 – 0,51	30
	Kanal 3 – <i>Green</i>	0,53 – 0,59	30
	Kanal 4 – <i>Red</i>	0,64 – 0,67	30
	Kanal 5 - <i>Near Infrared (NIR)</i>	0,85 – 0,88	30
	Kanal 6 - <i>SWIR 1</i>	1,57 – 1,65	30
	Kanal 7 - <i>SWIR 2</i>	2,11 – 2,29	30
	Kanal 8 – <i>Panchromatic</i>	0,50 – 0,68	15
	Kanal 9 – <i>Cirrus</i>	1,36 – 1,38	30
	Kanal 10 - <i>Thermal Infrared (TIRS) 1</i>	10,60 – 11,19	100
	Kanal 11 - <i>Thermal Infrared (TIRS) 2</i>	11,50 – 12,51	100

Sumber: USGS, 2013

## 2.2.2 Koreksi Radiometrik

Citra satelit pada umumnya mengandung nilai *DN* asli yang belum diproses berdasarkan nilai spektral radian sesungguhnya yang berdampak pada hasil informasi yang kurang akurat. Hal ini disebabkan oleh perbedaan nilai sudut perekaman, lokasi matahari, kondisi cuaca dan faktor pengaruh lainnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan koreksi radiometrik untuk memperbaiki nilai piksel dengan cara mengkonversi nilai *DN* menjadi nilai unit spektral reflektan (*reflectance*). Proses koreksi radiometrik dikelompokkan menjadi 3 kelompok utama, yaitu:

- Koreksi radiometrik akibat pengaruh kesalahan faktor internal sensor (koreksi radiometri sistematis)



- b) Koreksi radiometrik akibat pengaruh kesalahan faktor eksternal (*reflectance*)
- c) Koreksi atmosfer

Koreksi radiometrik akibat pengaruh kesalahan faktor internal sensor sering disebut sebagai koreksi radiometrik sistematis. Pada umumnya produk standar data citra optik resolusi menengah sudah dilakukan koreksi radiometrik sistematis. Namun informasi dari hasil koreksi sistematis belum sesuai dengan kondisi objek sesungguhnya dikarenakan pada saat radiasi elektromagnetik direkam oleh sensor satelit, radiasi elektromagnetik telah melewati atas atmosfer dan atmosfer bumi sebanyak dua kali, yaitu pada saat sinar matahari mengenai objek dan pada saat objek merefleksikannya ke sensor. Pada proses ini telah terjadi absorpsi dan penghamburan radiasi yang arahnya dapat berubah. Oleh karena dampak dari proses ini adalah adanya *effect haziness* yang mengurangi kontras citra dan *effect adjacency* yang mana nilai radian direkam berdasarkan dari penggabungan dari nilai hamburan piksel yang terdekat. Untuk mengurangi efek tersebut, maka perlu untuk dilakukan koreksi akibat kesalahan faktor eksternal dan koreksi atmosfer.

Koreksi radiometrik akibat pengaruh kesalahan faktor eksternal adalah koreksi radiometrik yang disebabkan oleh perbedaan posisi matahari, sudut perekaman, dan topografi wilayah. Sedangkan proses koreksi radiometrik karena faktor eksternal atmosfer meliputi koreksi atmosfer atas (*Top of Atmosphere*), *Bidirectional Reflectance Difference Function (BRDF)*, dan *Slope Correction*. Hasil dari koreksi radiometrik karena faktor eksternal biasanya berupa nilai reflektan objek yang merupakan rasio dari radian terhadap irradian.

### 2.2.3 Kalibrasi Radiometrik

Reflektan (*reflectance*) didefinisikan sebagai persentase rasio antara jumlah energi gelombang elektromagnetik yang dipantulkan ( $\phi_r$ ) oleh permukaan dengan jumlah energi gelombang elektromagnetik yang datang ( $\phi_i$ ). Pantulan energi gelombang elektromagnetik pada permukaan suatu obyek dapat terjadi secara satu arah (*specular*) yaitu seperti pantulan cermin ataupun secara menyebar (*diffuse*). Pantulan satu arah terjadi pada permukaan obyek yang rata sehingga

gelombang elektromagnetik yang datang dipantulkan ke satu arah tertentu. Sedangkan pantulan secara menyebar terjadi pada permukaan yang kasar sehingga pantulan gelombang elektromagnetik yang datang dipantulkan ke segala arah.

Kalibrasi radiometrik untuk memperoleh reflektan *TOA* dilakukan melalui dua tahap, tahap pertama adalah konversi nilai *DN* menjadi nilai spektral radian, dan tahap kedua adalah konversi nilai spektral radian menjadi nilai spektral reflektan (Kustiyo, 2014). Dan satu tahap dengan melakukan koreksi sudut matahari untuk memperoleh nilai reflektan *TOA* terkoreksi.

a) Mengkonversi nilai *DN* ke nilai spektral radian ( $L\lambda$ )

Rumus yang digunakan untuk mengubah *DN* ke radian ( $L$ ) adalah sebagai berikut (USGS, 2013):

$$L\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad (2.1)$$

dimana:

$L\lambda$  = Nilai radian *TOA* (watts/( m<sup>2</sup>\*srad\*μm))

$M_L$  = *Band-specific multiplicative rescaling factor* dari metadata  
(RADIANCE\_MULT\_BAND\_x, dimana x merupakan nomer band)

$A_L$  = *Band-specific additive rescaling factor* dari metadata  
(RADIANCE\_ADD\_BAND\_x, dimana x merupakan nomer band)

$Q_{cal}$  = *Quantized and calibrated standard product pixel values (DN)*

b) Merubah nilai *DN* ke nilai reflektan *TOA* ( $\rho\lambda$ )

Konversi *DN* bisa juga dilakukan langsung menjadi reflektan dengan menggunakan rumus berikut (USGS, 2013):

$$\rho\lambda = M_\rho Q_{cal} + A_\rho \quad (2.2)$$

dimana:

$\rho\lambda$  = Nilai reflektan *TOA*, tanpa koreksi sudut matahari.

$M_\rho$  = *Band-specific multiplicative rescaling factor* dari metadata  
(REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x, dimana x merupakan nomer

band)

$A_\rho$  = *Band-specific additive rescaling factor* dari metadata  
(REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x, dimana x merupakan nomer  
band)

$Q_{cal}$  = *Quantized and calibrated standard product pixel values (DN)*

- c) Merubah nilai reflektan  $TOA$  ( $\rho\lambda'$ ) ke nilai reflektan  $TOA$  terkoreksi ( $\rho\lambda^*$ )  
Berikut rumus untuk mengoreksi *reflectance* dengan *solar angle* (USGS, 2013):

$$\rho\lambda^* = \rho\lambda' / \cos(\theta_{SZ}) \text{ atau } \rho\lambda' / \sin(\theta_{SE}) \quad (2.3)$$

dimana:

$\rho\lambda^*$  = Nilai reflektan  $TOA$  (terkoreksi elevasi matahari)

$\rho\lambda'$  = Nilai reflektan  $TOA$  (belum terkoreksi elevasi matahari)

$\theta_{SE}$  = Sudut elevasi lokal matahari. Sudut elevasi lokal matahari ini disediakan pada metadata (SUN\_ELEVATION). Namun untuk penghitungan yang akurat, sudut matahari harus pada piksel yang dihitung, karena pada metadata Landsat 8 hanya disediakan sudut matahari untuk pusat *scene* saja.

$\theta_{SZ}$  = Sudut zenith lokal matahari;  $\theta_{SZ} = 90^\circ - \theta_{SE}$

#### 2.2.4 Koreksi Atmosfer

Tujuan dari koreksi atmosfer adalah untuk menurunkan reflektansi objek dari total radiansi  $TOA$  setelah proses normalisasi kondisi pencahayaan dan penghapusan efek atmosfer. Biasanya, reflektan yang ditangkap satelit,  $\rho^*(\lambda)$  atau  $\rho_{TOA}$ , pada panjang gelombang  $\lambda$ , ditentukan oleh pantulan dari komponen fisik yang berbeda proses (Gordon dan Wang, 1994 dalam Zhu, 2011) seperti berikut:

$$\rho^*(\lambda) = \rho_r(\lambda) + \rho_a(\lambda) + \rho_{ra}(\lambda) + T(\lambda) \rho_g(\lambda) + t(\lambda) \rho_{wc}(\lambda) + t(\lambda) \rho_{BOA}(\lambda) \quad (2.4)$$

dimana:

$\rho_r(\lambda)$  = pengaruh dari hamburan atmosfer yang diakibatkan molekul udara

(Rayleigh Scattering)

$\rho_a(\lambda)$  = pengaruh dari hamburan atmosfer yang diakibatkan aerosol

$\rho_{ra}(\lambda)$  = pengaruh dari hamburan atmosfer yang diakibatkan interaksi aerosol

Rayleigh

$\rho_g(\lambda)$  = pantulan cahaya matahari dari permukaan air

$\rho_{wc}(\lambda)$  = pemantulan gelombang air

$\rho_{BOA}(\lambda)$  = pantulan dari objek, yaitu reflektan objek sebenarnya yang diinginkan

$T(\lambda)$  = transmitan langsung dari masing-masing kolom atmosfer

$t(\lambda)$  = transmitan yang menyebar dari masing-masing kolom atmosfer

Pada persamaan (2.4),  $\rho_g(\lambda)$  pada umumnya diabaikan karena sensor telah dilengkapi dengan perlengkapan untuk memiringkan wahana pemindaian jauh dari citra spekular matahari.  $\rho_{wc}(\lambda)$  juga tidak dipertimbangkan ketika permukaan objek diasumsikan tenang. Nilai  $\rho_{ra}(\lambda)$  dapat diabaikan dalam kasus hamburan tunggal, karena jumlah beberapa hamburan yang kecil dalam kasus seperti itu. Dengan demikian, persamaan (2.4) dapat ditulis sebagai berikut dengan mengganti nilai  $\rho_a(\lambda) + \rho_{ra}(\lambda)$  dengan istilah *single-scattering* (hamburan tunggal),  $\rho_{as}(\lambda)$ :

$$\rho^*(\lambda) = \rho_r(\lambda) + \rho_{as}(\lambda) + t(\lambda) \rho_{BOA}(\lambda) \quad (2.5)$$

Koreksi atmosfer dilakukan dengan menggunakan *atmospheric code 6S* berbasis web yang ada di <http://6s.ltdri.org/> (Vermonte, 1997). Reflektan objek terkoreksi atmosfer (*bottom of atmosfer*) /  $\rho_{BOA}(\lambda)$  untuk panjang gelombang  $\lambda$  Landsat dapat dihitung menggunakan algoritma sebagai berikut:

$$y = xa \cdot L\lambda - xb \quad (2.6)$$

$$\rho_{BOA}(\lambda) = \frac{y}{1,0 - xc \cdot y} \quad (2.7)$$

dimana  $x_a$ ,  $x_b$ , dan  $x_c$  tiga koefisien dari koreksi atmosfer yang dihitung dengan kode 6S. Untuk menentukan konsentrasi aerosol, parameter meteorologi (nilai visibilitas horisontal dalam km) dimasukkan langsung ke 6S. Pengukuran visibilitas horisontal diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat (Oyama, 2008).

Biasanya nilai pantulan Rayleigh Scattering,  $\rho_r(\lambda)$ , dapat dihitung dengan memecahkan persamaan transfer radiasi, sebaran transmitan dari kolom atmosfer,  $t(\lambda)$ , dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Gordon, 1983):

$$t(\lambda) = \exp\left(\frac{-[\tau_{oz}(\lambda) + \frac{\tau_r(\lambda)}{2}]}{\cos \theta}\right) \quad (2.8)$$

dimana:

$\tau_{oz}(\lambda)$  = ketebalan optis ozon

$\tau_r(\lambda)$  = ketebalan optis Rayleigh

$\theta$  = sudut zenith

### 2.2.5 Identifikasi dan Deliniasi Litologi pada Citra Satelit

Identifikasi obyek dan parameter jenis-jenis batuan (kelompok batuan) dan penyebaran satuan batuan pada citra dilakukan secara fotomorfik artinya mengandalkan apa yang nampak pada citra, dengan menggunakan unsur-unsur dasar penafsiran citra yaitu rona warna, tekstur, bentuk, pola, ukuran, dan asosiasi.

Warna/rona merupakan unsur yang paling dominan digunakan untuk mengenali persebaran batuan atau mendeliniasi dalam penafsiran visual ini. Tampilan citra yang komposit akan lebih mempermudah untuk mengenali satuan batuan. Citra komposit merupakan citra yang mampu memperlihatkan perbedaan informasi geologi maupun geografi yang sangat jelas dan citra komposit ini telah dibuktikan sebagai citra yang paling baik untuk pemetaan fenomena geologi.

Penarikan (deliniasi) batas sebaran batuan (litologi) atau satuan batuan pada citra dapat dilakukan dengan mendasarkan sifat-sifat dari fotomorfik citra, yaitu antara lain mendasarkan pada kenampakan rona warna yang sama, tekstur yang sama, pola atau bentuk yang sama, atau berdasarkan hubungan diantara asosiasi rona warna, tekstur dan bentuk obyek geologi di dalam citra.

Proses penafsiran citra / interpretasi citra meliputi penafsiran batas satuan batuan dan jenis satuan batuanya. Analisa struktur geologi meliputi identifikasi kelurusan-kelurusan pada permukaan bumi yang mungkin dapat disimpulkan sebagai sesar-sesar ataupun rekahan-rekahan batuan atau kekar- kekar pada suatu zona struktur.

Analisa satuan batuan mencakup identifikasi jejak-jejak perlapisan batuan dan kecenderungan arah kemiringannya selain dari tekstur dan rona satuan batuan tersebut pada spectrum citra optis, sehingga berdasarkan ciri-ciri tersebut dapat disimpulkan suatu objek adalah batuan sedimen yang normal atau terlipat di suatu daerah tertentu.

Satuan batuan beku diinterpretasikan sebagai suatu tubuh atau bentuk objek di permukaan bumi yang memiliki bentuk kerucut dengan pola pengaliran umumnya berbentuk radial. Tubuh intrusi *basaltic* ataupun *granitic* dapat disimpulkan dari hadirnya bentukan kubah berupa bukit tersendiri di dalam suatu lingkungan relief pedataran atau perbukitan.

### **2.3 Perangkat Lunak Pengolahan**

Pengolahan citra Landsat 8 pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak VISAT 5.0 yang merupakan perangkat lunak *open source* yang dikembangkan dari platform BEAM. Pada awalnya, VISAT yang dibuat oleh Badan Antariksa Eropa (ESA) lewat perusahaan *Brockmann Consult* untuk membaca, mengolah, dan menganalisa produk-produk keluaran dari ESA saja, akan tetapi kini VISAT sudah bisa digunakan untuk mengolah berbagai jenis citra.

*Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum (6S) Code* merupakan kode transfer radiasi canggih yang dirancang untuk mensimulasikan refleksi dari radiasi matahari yang tergabung oleh sistem permukaan atmosfer untuk berbagai kondisi atmosfer, spektral dan geometris. Kelompok prosedur ini biasa disebut koreksi atmosfer dimana bertujuan untuk proses menghilangkan pengaruh dari atmosfer pada nilai-nilai reflektan citra yang diambil oleh satelit atau sensor udara.

*ArcGIS* adalah salah satu *software* yang dikembangkan oleh *Environment Science and Research Institute (ESRI)* yang merupakan kompilasi fungsi-fungsi dari berbagai macam perangkat lunak *GIS* yang berbeda seperti *GIS Desktop*, server, dan *GIS* berbasis web. Dengan *ArcGIS*, pengguna dapat memiliki kemampuan-kemampuan untuk melakukan visualisasi, meng-*explore*, menjawab *query* (baik data spasial maupun non spasial). Dalam penelitian ini, digunakan *ArcMap* sebagai salah satu dari aplikasi dasar *ArcGIS* yang digunakan untuk mengolah, membuat (*create*), menampilkan (*viewing*), memilih (*query*), *editing*, *composing* dan *publishing* sebuah peta.

## 2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu terkait analisa citra satelit penginderaan jauh untuk pemetaan geologi adalah sebagai berikut:

- a) Ali, A. S. O., dan Pour, A. B., (2014), dalam penelitiannya yang berjudul “*Lithological Mapping and Hydrothermal Alteration using Landsat 8 Data: A Case Study Ariab Mining District, Red Sea Hills, Sudan*”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan teknologi penginderaan jauh dalam mengidentifikasi dan membuat peta satuan batuan serta zona alterasi di lokasi tambang emas yang terletak di timurlaut Sudan dengan menggunakan data citra satelit Landsat 8. Metode pengolahan citra Landsat 8 yang digunakan adalah *color composite*, *band ratio*, *principle component analysis* (PCA), dan *minimum noise fraction* (MNF). *Color composite* yang digunakan untuk pemetaan oksida besi dan mineral lempung adalah kanal 2, 5, dan 7 sebagai RGB (*red*, *green*, dan *blue*) serta kanal 5, 6, dan 7 sebagai RGB, sedangkan untuk pemetaan kandungan silika menggunakan *color composite* kanal 10, 11, dan 7 sebagai RGB. *Band ratio* yang digunakan adalah kanal 4/2, 6/7, dan 10 sebagai RGB serta kanal 4/2, 6/5, dan 6/7 sebagai RGB. Penelitian ini menunjukkan bahwa analisa citra satelit Landsat 8 dengan metode *color composite* dan *principle component analysis* (PCA) dapat menghasilkan satuan (unit) batuan yang ada di lokasi penelitian, sedangkan metode *band*

*ratio* dan *minimum noise fraction* (MNF) dapat menghasilkan wilayah distribusi zona alterasi yang mengandung mineralisasi emas.

- b) Arunachalam, M., Udhayaraj, A. D., Jacob, A., NarenPrabakaran, V. P., Vasanth, M. S., dan Saravanavel, J., (2014), dalam penelitiannya yang berjudul “*Hydrothermal Mineral Alteration Mapping in parts of Northwestern Tamil Nadu, India - using Geospatial Technology*”. Penelitian ini dilakukan untuk memetakan deposit mineral hasil alterasi hidrotermal yang berada di lokasi penelitian menggunakan teknik analisa penginderaan jauh dengan citra satelit Landsat 8. Metode pengolahan citra Landsat 8 yang digunakan adalah *band ratio*, *Abdelhamid and Rebba Ratio*, serta metode *least square fit (LS-Fit)* dan *crosta*, digabung dengan analisa struktur geologi dan tektonik. *Band ratio* yang digunakan adalah kanal 4/2, 5/6, dan 6/7 sebagai RGB. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode yang dikembangkan dalam studi ini sangat sesuai untuk kepentingan identifikasi zona potensi mineralisasi, khususnya yang berkaitan dengan aktivitas hidrotermal.
- c) Indrastomo, F. D., Sukadana, I. G., Saepuloh, A., Harsolumakso, A. H., dan Kamajati, D., (2015), dalam penelitiannya yang berjudul “*Interpretasi Vulkanostratigrafi Daerah Mamuju Berdasarkan Analisis Citra Landsat-8*”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi geologi dan vulkanostratigrafi daerah Mamuju dengan menggunakan analisa citra satelit Landsat-8. Metode yang digunakan adalah analisa kondisi geologi dengan menggunakan analisa visual kombinasi warna citra Landsat-8 dengan kanal 5, 6, dan 7 sebagai RGB. Hasil yang didapatkan berupa citra Landsat-8 yang telah terkoreksi dapat digunakan untuk mengetahui kontrol mineralisasi uranium dan thorium di daerah Mamuju dan sekitarnya.
- d) Mwaniki, M. W., Moeller, M. S., dan Schellmann, G., (2015), dalam penelitiannya yang berjudul “*A comparison of Landsat 8 (OLI) and Landsat 7 (ETM+) in mapping geology and visualising lineaments: A case study of central region Kenya*”. Penelitian ini dilakukan untuk memetakan kondisi geologi dan menampilkan gambaran struktur geologi berupa kelurusan di wilayah Kenya bagian tengah, dengan menggunakan teknologi citra satelit Landsat 8 dan dibandingkan dengan citra satelit Landsat 7. Metode yang



digunakan adalah *color composite*, *principle component analysis (PCA)*, dan *band ratio*. *Color composite* yang digunakan untuk Landsat 8 adalah kanal 6, 7, dan 4 sebagai RGB. *Band ratio* yang digunakan untuk Landsat 8 kanal 4/3, 6/2, dan 7/3 sebagai RGB. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa teknik analisa citra satelit pada Landsat 8 memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan Landsat 7 dalam hal menginterpretasikan kondisi geologi dan struktur geologi yang berupa kelurusan (*lineament*).

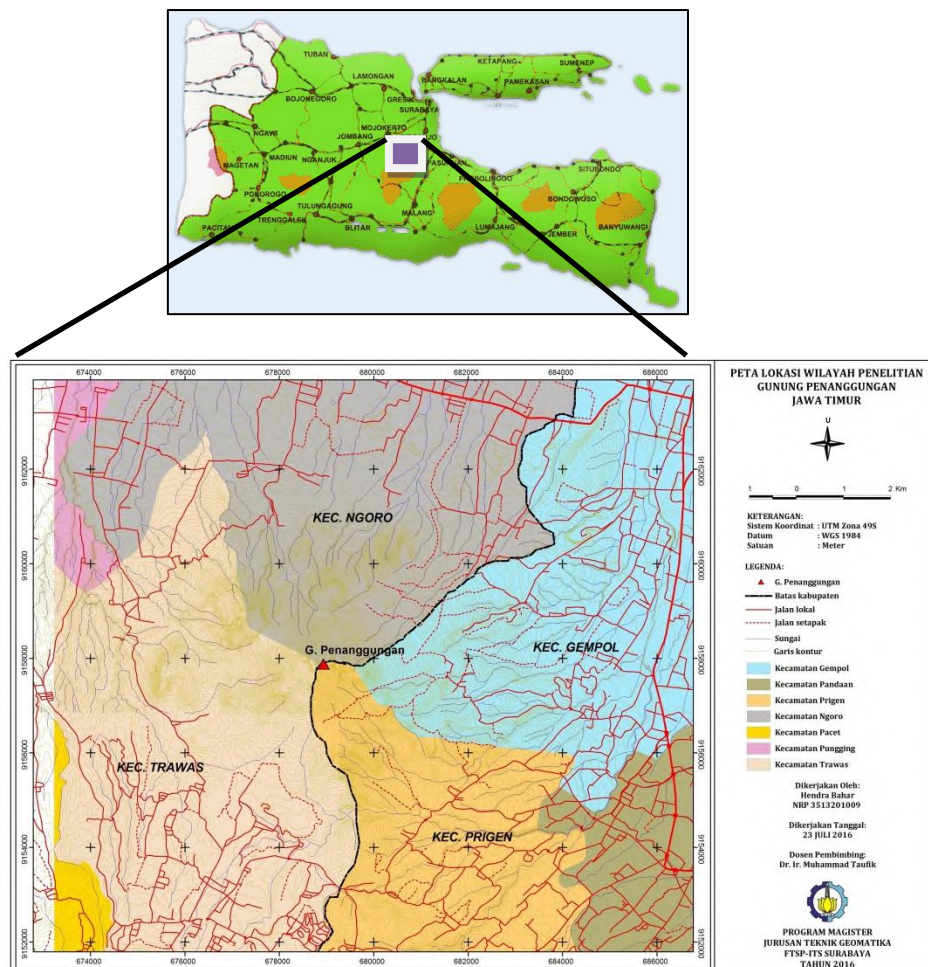
***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Gunung Penanggungan dengan ketinggian 1.653 mdpl adalah gunungapi (istirahat) yang terletak di Propinsi Jawa Timur. Posisinya berada di antara 2 (dua) kabupaten, yaitu Kab. Mojokerto (sisi barat) dan Kab Pasuruan (sisi timur), berjarak kurang lebih 25 km dari Kota Surabaya, secara geografis terletak pada  $07^{\circ}36'50''$  Lintang Selatan dan  $112^{\circ}37'10''$  Bujur Timur. Gunung Penanggungan merupakan gunung kecil yang berada pada satu kluster dengan Gunung Arjuna dan Gunung Welirang yang lebih besar.



Gambar 3.1 Lokasi penelitian wilayah G. Penanggungan

## 3.2 Data dan Peralatan

### 3.2.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari:

- a) Citra satelit Landsat 8 wilayah Gunung Penanggungan *Path* 118 *Row* 65 tanggal perekaman 22 Oktober 2015.
- b) Data lokasi pengamatan geologi menggunakan *GPS Handheld*.
- c) Peta Geologi Lembar Malang skala 1:100.000.
- d) Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000.
- e) Data visibilitas horisontal berdasarkan tanggal perekaman citra dari stasiun terdekat.

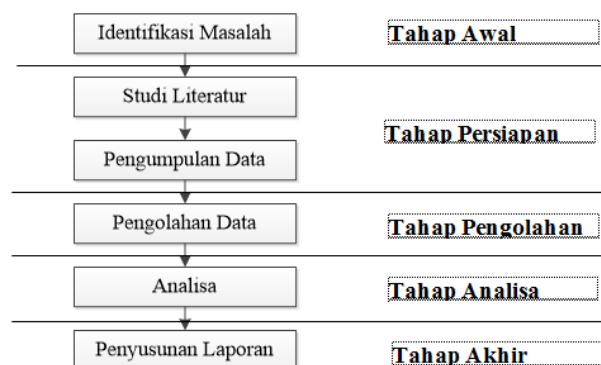
### 3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
  - a) *Personal Computer*
  - b) *GPS Handheld*
2. Perangkat Lunak (*Software*)
  - a) *ArcMap* 10.1
  - b) *VISAT* 5.0
  - c) *Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum* (6S) *Code*

## 3.3 Metodologi Penelitian

### 3.3.1 Tahap Penelitian



Gambar 3.2 Tahapan penelitian

Penjelasan:

1. Tahap Persiapan

- Identifikasi dan Perumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah: bagaimanakah cara untuk mengetahui kondisi geologi di wilayah Gunung Penanggungan dengan menggunakan data citra satelit Landsat 8?

- Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari dan mengumpulkan buku-buku referensi dan hasil penelitian sejenis sebelumnya yang pernah dilakukan oleh orang lain yang berkaitan sebagai landasan teori mengenai masalah yang akan diteliti seperti geologi regional wilayah Gunung Penanggungan, penginderaan jauh, spesifikasi citra satelit dan referensi lain yang mendukung baik dari buku, jurnal, majalah, internet dan lain sebagainya.

- Pengumpulan Data

Pengumpulan data berupa data citra satelit Landsat 8 di wilayah Gunung Penanggungan, data Peta Geologi Lembar Malang skala 1:100.000, data Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000, serta data hasil pengamatan singkapan litologi di lokasi penelitian dan plotting koordinat lokasi pengamatan.

2. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan dari data-data di atas yang telah diperoleh.

3. Tahap Analisa

Data yang telah diolah kemudian dianalisa meliputi ketelitian hasil klasifikasi kondisi litologi dari analisa citra satelit penginderaan jauh Landsat 8.

4. Tahap Akhir

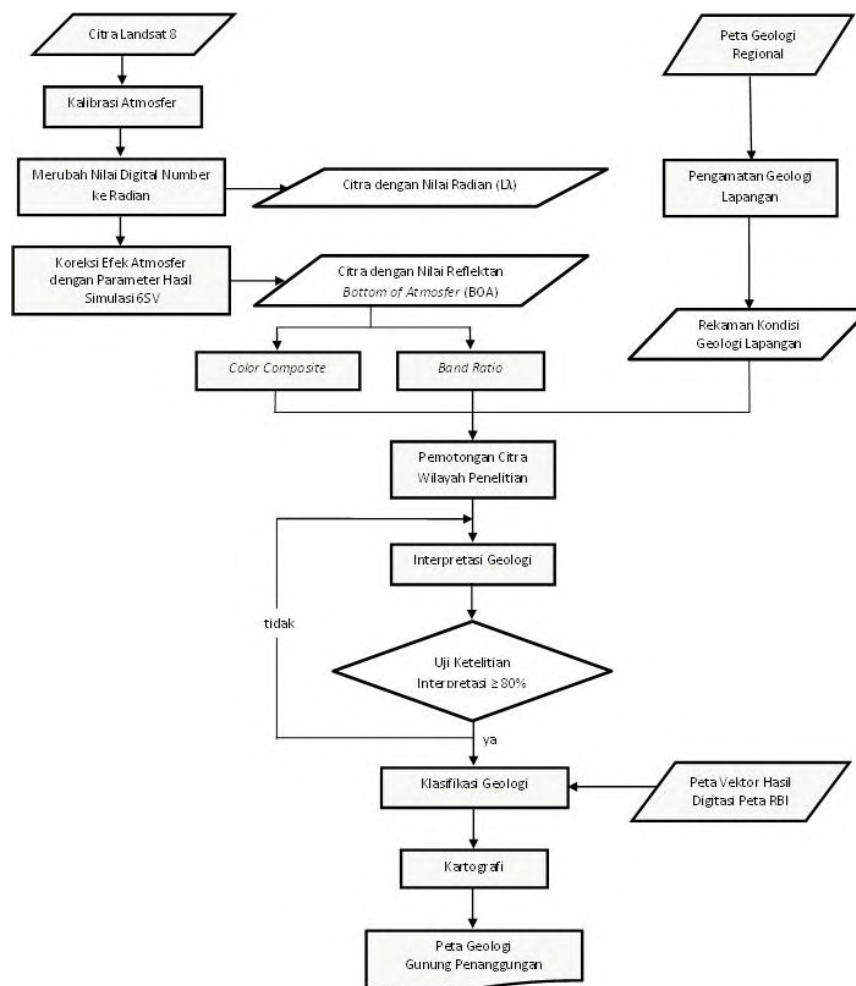
Penyusunan laporan merupakan tahap terakhir dari penelitian ini sebagai laporan Tesis yang berisi dokumentasi dari pelaksanaan Tesis.

### 3.3.2 Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data citra *Landsat 8* pada *Path 118 Row 65*, Peta Rupa bumi Indonesia, Peta Geologi Lembar Malang, dan data pengamatan geologi lapangan menggunakan *GPS Handheld*. Adapun teknik pengambilan data menggunakan *GPS Handheld* adalah data diambil pada 30 (tiga puluh) koordinat lokasi pengamatan geologi. Mendeskripsikan litologi (batuan) penyusun lokasi penelitian, kondisi geomorfologi, sungai, bentuk-bentuk struktur geologi, kelerengan, dan informasi terkait geologi lainnya.

Data pengamatan geologi lapangan digunakan untuk menunjukkan lokasi titik kondisi geologi tertentu pada citra satelit, sehingga dapat diketahui nilai reflektan batuan pada lokasi pengamatan.

### 3.3.3 Pengolahan Data



Gambar 3.3 Tahap pengolahan data

Penjelasan:

### 1. Koreksi Radiometrik

Merupakan tahapan dasar yang sangat penting dalam pengolahan citra satelit Landsat 8. Karena Landsat 8 ini berada pada level 1T (terkoreksi *terrain*), sehingga citra tidak perlu dikoreksi secara geometrik. Koreksi radiometrik terbagi menjadi dua tahapan yaitu kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosfer. Proses kalibrasi radiometrik pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak VISAT 5.0 dengan beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu:

- a) Merubah nilai *Digital Number (DN)* ke radian ( $L\lambda$ ). Proses ini dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.1).
- b) Merubah nilai *Digital Number (DN)* ke reflektan ( $\rho\lambda$ ). Proses ini dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.2).
- c) Merubah nilai reflektan ( $\rho\lambda$ ) ke reflektan terkoreksi sudut matahari ( $\rho\lambda^*$ ). Proses ini dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.3).

### 2. Koreksi Atmosfir

Untuk mendapatkan nilai reflektan *BOA*, citra yang telah berformat radian, dilakukan proses koreksi atmosfer untuk mendapatkan parameter nilai koreksi. Proses ini menggunakan *6S Code* untuk mendapatkan parameter  $xa$ ,  $xb$ , dan  $xc$  tersebut. Parameter tersebut digunakan pada persamaan 2.6 dan 2.7 untuk menghasilkan citra reflektan *BOA* terkoreksi pengaruh atmosfer.

### 3. Penajaman Citra

- a) Kombinasi saluran citra Landsat-8 menggunakan kombinasi saluran 5, 6, dan 7 dalam susunan kanal merah, hijau, dan biru (*red green blue/RGB*). Kanal 5, 6, dan 7 merupakan kanal infra merah. Citra ini akan menghasilkan citra komposit dengan warna semu (*pseudocolor*). Kanal ini peka terhadap perubahan jenis batuan sehingga sebaran batuan dapat diidentifikasi dari citra komposit ini (Indrastomo, dkk, 2015).
- b) *Band ratio* yang digunakan dengan kombinasi kanal Landsat 8 warna merah, hijau, dan biru (*red green blue/RGB*) yaitu kanal 4/2, 5/6, dan 6/7 (Arunachalam, dkk, 2014).

4. Peta Geologi Regional

Peta Geologi Regional digunakan sebagai pedoman awal mengenai kondisi geologi hasil penelitian terdahulu. Berdasarkan peta tersebut kemudian ditentukan titik-titik lokasi untuk pengamatan langsung di lapangan.

5. Pengamatan geologi lapangan di lokasi penelitian

Survei litologi di lokasi penelitian berupa deskripsi kondisi geologi yang dijumpai beserta plotting lokasi sampel dan dokumentasi kondisi lapangan. Hasilnya berupa rekaman pengamatan geologi lapangan lokasi penelitian.

6. Pemotongan Citra

Citra satelit Landsat 8 berada pada suatu lembar yang cakupan wilayahnya cukup luas. Untuk membahas kondisi geologi daerah penelitian maka dilakukan proses pemotongan (*cropping*) citra sesuai batas daerah penelitian.

7. Interpretasi Geologi

Berdasarkan penggabungan hasil olah citra Landsat 8 dan rekaman pengamatan geologi lapangan maka dilakukan interpretasi geologi di lokasi penelitian. Interpretasi ini mendeskripsikan batas-batas satuan/jenis litologi dan kondisi geologi lainnya. Untuk ketelitian hasil interpretasi dilakukan uji ketelitian terhadap interpretasi geologi tersebut.

8. Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra menggunakan hasil interpretasi geologi untuk menentukan zona-zona wilayah dengan kondisi geologi tertentu.

9. Citra Terklasifikasi

Citra terklasifikasi kemudian digabungkan dengan peta vektor hasil digitasi peta RBI untuk mendapatkan hasil klasifikasi yang maksimal.

10. Peta Geologi

Setelah dilakukan pemotongan pada citra yang telah terklasifikasi, peta di atas diubah ke dalam format vektor, menggunakan perangkat lunak *ArcGIS* 10.1 yang dilanjutkan dengan proses kartografi untuk menghasilkan tampilan Peta Geologi Gunung Penanggungan.



## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pra Pengolahan Citra Satelit Landsat 8

##### 4.1.1 Kalibrasi Radiometrik

Data citra satelit Landsat 8 yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang direkam pada tanggal 22 Oktober 2015 dengan *Level 1 Terrain (L1T)*. Data pada level ini merupakan data hasil pengolahan *Level 1 Radiometric (L1R)* dengan penerapan koreksi geometri sistematis. Proses koreksi geometris ini menggunakan titik ikat atau informasi posisi *onboard* untuk *resampling* citra sehingga citra terproyeksi secara kartografis, ke WGS 1984. Data hasil pengolahan dengan level L1T ini juga terkoreksi *terrain* untuk *relief displacement* (USGS, 2012). Sehingga data Landsat 8 yang digunakan pada penelitian ini tidak perlu dilakukan koreksi geometrik.

Pada data Landsat 8 *L1T* disediakan data berformat *Digital Number (DN)* yang selanjutnya perlu dilakukan dua macam kalibrasi radiometrik yaitu konversi nilai *DN* menjadi nilai spektral reflektan dan konversi nilai spektral *DN* menjadi nilai spektral radian. Dalam proses ini, digunakan parameter *gain* dan *offset* yang tersedia di *metadata*.

Pada kalibrasi radiometrik citra Landsat 8 dipertimbangkan sudut elevasi matahari. Hal ini diperlukan karena adanya perbedaan sudut elevasi matahari dapat menyebabkan pencahayaan di permukaan bumi tidak sama sehingga berpengaruh terhadap besarnya energi yang diterima oleh sensor satelit dari nilai pantulan (*reflectance*) setiap objek di permukaan bumi. Besar kecilnya sudut elevasi tersebut disebabkan oleh posisi matahari. Posisi matahari terhadap bumi dapat berubah berdasarkan perbedaan waktu (temporal) dan area liputan ketika sensor satelit melakukan perekaman. Oleh karenanya, data dalam format reflektan *TOA* ( $\rho\lambda$ ) selanjutnya dilakukan koreksi sudut matahari untuk mendapatkan reflektan *TOA* terkoreksi ( $\rho\lambda^*$ ).

#### 4.1.2 Koreksi Atmosfer

Untuk melakukan koreksi atmosfer, dibutuhkan citra Landsat 8 berformat radian ( $L\lambda$ ), sehingga citra Landsat 8 yang berformat  $DN$  dilakukan kalibrasi radiometrik terlebih dahulu. Koreksi atmosfer bertujuan menurunkan reflektansi objek dari total radiansi  $TOA$  setelah proses normalisasi kondisi pencahayaan dan penghapusan pengaruh atmosfer. Dalam penelitian ini, citra Landsat 8 dilakukan koreksi dari pengaruh atmosfer menggunakan parameter koreksi dari hasil simulasi menggunakan *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum - Vector* (6SV) (Vermonte, dkk, 1997).

Adapun parameter koreksi atmosferik hasil pengolahan dengan metode 6SV untuk citra Landsat 8 pada wilayah studi dapat ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Parameter koreksi atmosfer dari 6SV

No.	Kanal	Parameter		
		xa	xb	xc
1.	Kanal 2	0,00277	0,16280	0,20227
2.	Kanal 3	0,00276	0,09446	0,15994
3.	Kanal 4	0,00301	0,05925	0,12863
4.	Kanal 5	0,00424	0,03010	0,08791
5.	Kanal 6	0,01583	0,00875	0,03457
6.	Kanal 7	0,05044	0,00319	0,01852

Pada koreksi atmosferik ini, digunakan *raw data* dari Landsat 8 untuk mendapatkan nilai sudut azimuth dan zenith matahari. Untuk mendefinisikan konsentrasi dari aerosol digunakan parameter meteorologi berupa *horizontal visibility* (pada citra ini, digunakan  $visibility = 7,8$  km) yang dimasukkan dalam 6SV.

Tebal optis aerosol (*aerosol thickness*) pada 550 nm selanjutnya dihitung berdasarkan kondisi atmosferis daerah *Tropical* dan model aerosol *Continental Model*. Hasil dari koreksi atmosfer dengan metode 6S ini selanjutnya disebut *SR-6SV*, yang selanjutnya ketiga parameter tersebut digunakan untuk melakukan koreksi atmosfer pada citra berformat radian menggunakan persamaan (2.6) dan (2.7) untuk menghasilkan citra dengan reflektan *BOA*.

## 4.2 Pengamatan Geologi Lapangan

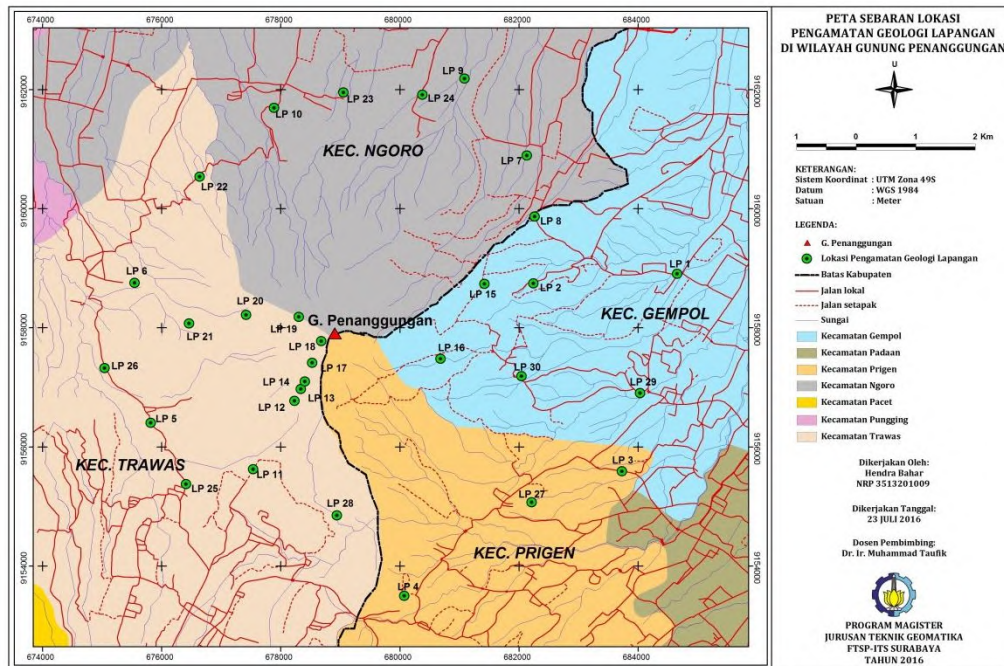
Pada penelitian ini, pengamatan geologi lapangan yang ada di lokasi penelitian dilakukan hampir merata di sekitar wilayah Gunung Penanggungan. Total lokasi pengamatan yang dilakukan adalah sebanyak 30 (tiga puluh) titik lokasi pengamatan (gambar 4.1).

Pada tiap-tiap lokasi pengamatan dilakukan identifikasi kondisi geologi, antara lain pengamatan jenis batuan penyusun wilayah penelitian serta plotting koordinat lokasi menggunakan GPS *handheld* (tabel 4.2).

Tabel 4.2. Data hasil pengamatan geologi lapangan

No.	Koordinat X	Koordinat Y	Kode	Jenis Batuan
1.	684657	9158902	LP 1	Breksi Andesit
2.	682242	9158744	LP 2	Breksi Andesit
3.	683728	9155589	LP 3	Breksi Tufan
4.	680073	9153496	LP 4	Lava Andesit
5.	675820	9156400	LP 5	Breksi Tufan
6.	675548	9158749	LP 6	Bongkah Andesit
7.	682132	9160891	LP 7	Breksi Andesit
8.	682261	9159863	LP 8	Lava Andesit
9.	681086	9162181	LP 9	Breksi Andesit
10.	677890	9161691	LP 10	Lava Andesit
11.	677539	9155622	LP 11	Breksi Tufan
12.	678231	9156768	LP 12	Breksi Tufan
13.	678337	9156970	LP 13	Breksi Andesit
14.	678404	9157096	LP 14	Bongkah Andesit
15.	681420	9158733	LP 15	Lava Andesit
16.	680682	9157477	LP 16	Lava Andesit
17.	678529	9157410	LP 17	Breksi Andesit
18.	678679	9157772	LP 18	Breksi Andesit
19.	678305	9158180	LP 19	Lava Andesit
20.	677419	9158212	LP 20	Lava Andesit
21.	676463	9158068	LP 21	Bongkah Andesit
22.	676640	9160535	LP 22	Bongkah Andesit
23.	679053	9161946	LP 23	Bongkah Andesit
24.	680379	9161911	LP 24	Breksi Andesit
25.	676413	9155372	LP 25	Bongkah Andesit
26.	675045	9157319	LP 26	Bongkah Andesit
27.	682211	9155066	LP 27	Breksi Tufan

No.	Koordinat X	Koordinat Y	Kode	Jenis Batuan
28.	678944	9154848	LP 28	Breksi Andesit
29.	684033	9156902	LP 29	Breksi Andesit
30.	682041	9157184	LP 30	Breksi Andesit



Gambar 4.1. Sebaran lokasi pengamatan geologi di wilayah penelitian



Gambar 4.2. Lokasi dengan litologi breksi andesit di LP-7



Gambar 4.3. Lokasi dengan litologi lava andesit di LP-10

#### 4.2.1 Verifikasi Pengamatan Geologi Lapangan

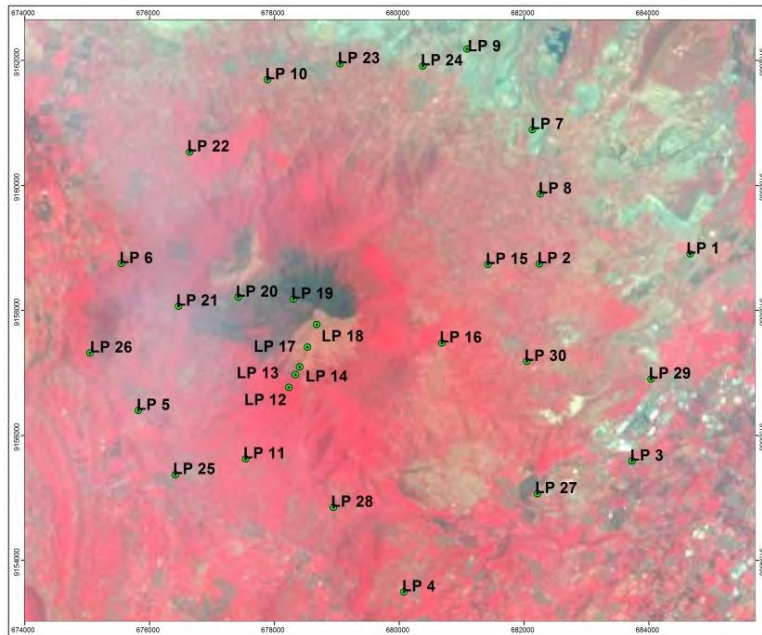
Verifikasi pengamatan geologi lapangan terkait lokasi pengamatan dilakukan dengan cara:

- a) Pengecekan di lapangan terkait satuan batuan, batas satuan batuan, struktur geologi, geomorfologi.
- b) Plotting hasil pengamatan lapangan dalam peta interpretasi.
- c) Evaluasi hasil interpretasi geologi.

Verifikasi jenis batuan pada daerah kajian penelitian diarahkan untuk mengetahui sejauh mana akurasi dari peta geologi hasil interpretasi citra. Kesalahan dapat terjadi karena kekurangan pemahaman dalam perselingan batuan.

Terkait kondisi tutupan lahan dilakukan juga verifikasi keberadaan tutupan lahan di lokasi penelitian. Citra satelit Landsat 8 dilakukan komposit warna dengan kanal 5, 4, dan 3 sebagai RGB (gambar 4.4). Pada gambar 4.4 terlihat ada lima lokasi pengamatan yang berada pada daerah tutupan lahan, yaitu LP-1, LP-7, LP-9, LP-24, dan LP-27, yang berarti sekitar 20% dari total lokasi pengamatan geologi lapangan.



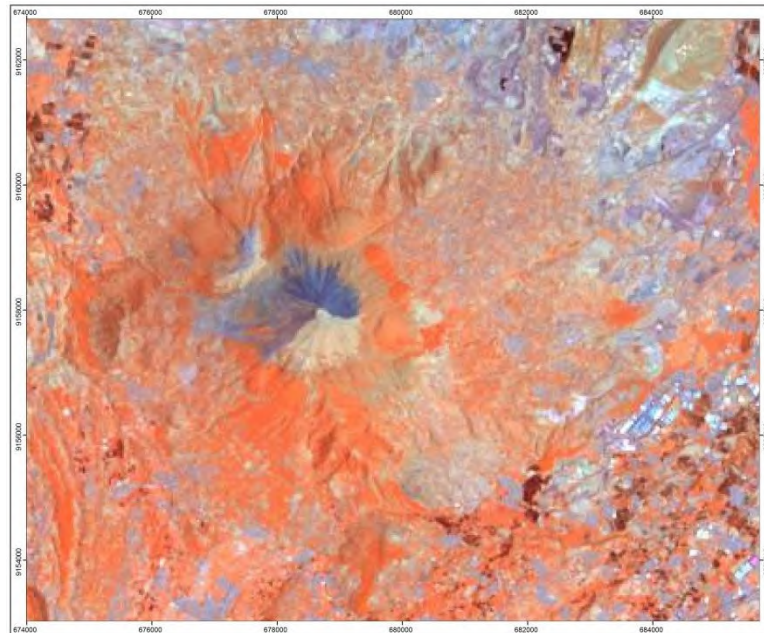


Gambar 4.4. Citra Landsat 8 terkalibrasi atmosfer BOA, dengan RGB kanal 5, 4, dan 3 untuk interpretasi tutupan lahan

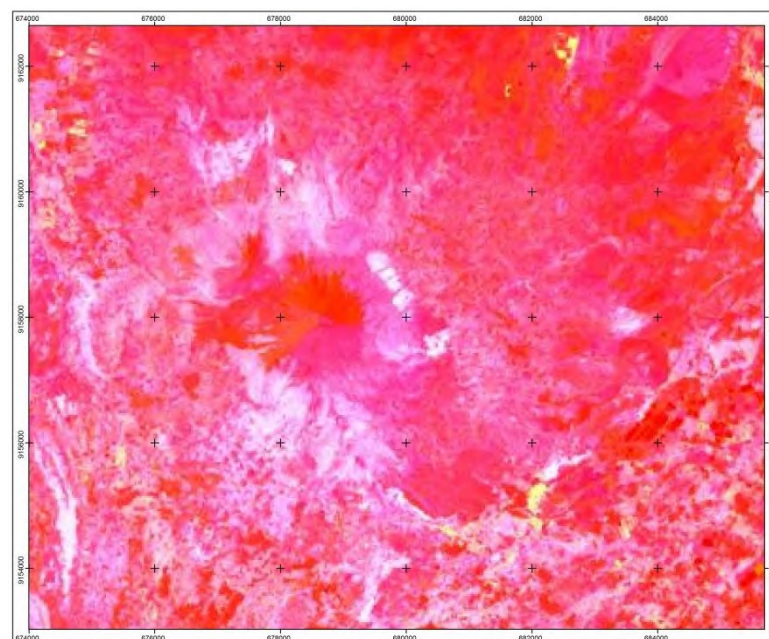
### 4.3 Pengolahan Citra Satelit Landsat 8 untuk Kajian Geologi

Kombinasi kanal (*color composite*) citra Landsat 8 menggunakan kombinasi kanal 5, 6, dan 7 dalam susunan kanal merah, hijau, dan biru (*red green, blue/RGB*). Kanal 5, 6, dan 7 merupakan kanal infra merah. Citra ini akan menghasilkan citra komposit dengan warna semu (*pseudocolor*). Kanal ini peka terhadap perubahan jenis batuan sehingga sebaran batuan dapat diidentifikasi dari citra komposit ini (gambar 4.5).

Pengamatan visual citra Landsat-8 digunakan untuk menginterpretasi kondisi geologi dan geomorfologi daerah penelitian. Identifikasi bentuk-bentuk melingkar dilakukan untuk mengetahui bentukan morfologi hasil aktivitas gunung api (vulkanik). Keberadaan gunung api diketahui dari identifikasi bentukan kawah, kubah lava, intrusi, dan sebaran produk gunung api itu sendiri. Penarikan batas didasarkan pada rona, tekstur, bentuk, pola, lokasi dan asosiasinya, dengan menggunakan citra komposit 5, 6, 7 dan *band ratio* kanal 4/2, 5/6, dan 6/7 sebagai kanal RGB (*red, green, dan blue*), untuk tampilan citra Landsat 8 kombinasi *band ratio* dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.5. Citra Landsat 8 terkalibrasi atmosfer *BOA*, dengan *RGB* kanal 5, 6, dan 7 untuk interpretasi geologi

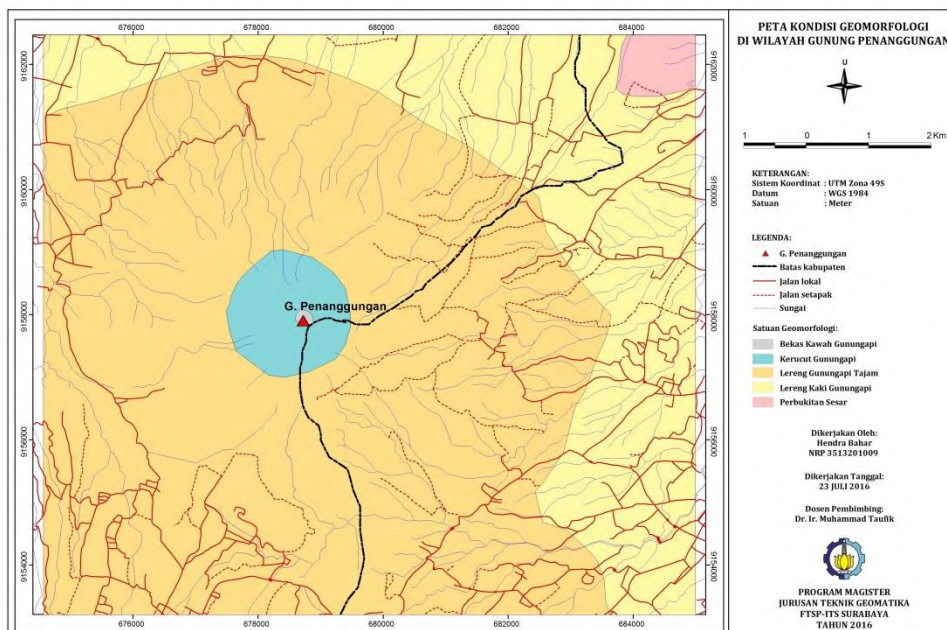


Gambar 4.6. Citra Landsat 8 terkalibrasi atmosfer *BOA*, dengan *band ratio RGB* kanal 4/2, 5/6, dan 6/7 untuk interpretasi geologi

#### 4.3.1 Geomorfologi Daerah Penelitian

Pengamatan morfologi daerah penelitian menggunakan citra Landsat-8 yang telah terkoreksi secara geometrik dan radiometrik. Dari pengamatan citra satelit Landsat 8 serta digabungkan dengan hasil pengamatan geologi lapangan, terlihat bahwa di daerah penelitian memiliki morfologi pegunungan, terbagi dalam puncak gunungapi (berupa daerah bekas kawah gunung), kerucut gunungapi, lereng gunung api tajam, lereng kaki gunungapi, serta perbukitan sesar (gambar 4.7). Terbentuknya morfologi di atas disebabkan oleh proses endogen dan eksogen. Proses endogen menjadi dominan karena pada waktu dahulu telah terjadi intrusi skala masif yang membentuk Gunung Penanggungan.

Geomorfologi daerah penelitian berdasarkan genetiknya dapat diklasifikasikan ke dalam bentang alam pegunungan api dan bentang alam pegunungan sesar. Morfologi bentang alam gunungapi mendominasi hampir seluruh lokasi penelitian, dan morfologi bentang alam pegunungan sesar berada di bagian timur laut daerah penelitian. Morfologi bentang alam pegunungan gunung api dapat dicirikan dengan adanya bentuk-bentuk melingkar yang terlihat pada citra Landsat 8. Bentuk ini terutama terdapat pada puncak Gunung Penanggungan, serta puncak kompleks gunungapi kecil di sekitar Gunung Penanggungan.



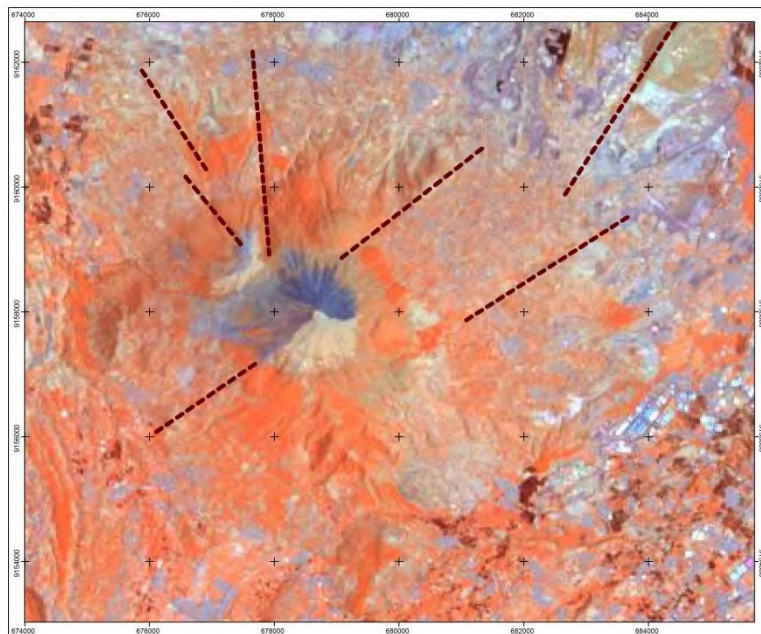
Gambar 4.7. Peta Geomorfologi daerah penelitian berdasarkan klasifikasi citra Landsat 8 dan hasil pengamatan geologi lapangan



### 4.3.2 Geologi Daerah Penelitian

Penarikan batas litologi dilakukan dengan cara mengidentifikasi karakteristik yang terlihat dari citra. Penarikan batas didasarkan pada rona, tekstur, bentuk, pola, lokasi dan asosiasinya.

Pada citra juga dapat diketahui beberapa pola kelurusan (*lineament*) yang bisa diinterpretasi sebagai adanya pola struktur geologi yang berkembang (gambar 4.8).



Gambar 4.8. Keberadaan kelurusan (*lineament*) berupa garis putus-putus warna hitam pada citra Landsat 8 dengan komposit warna kanal 5, 6, dan 7 sebagai *RGB*

Interpretasi secara visual pada citra telah berhasil mengidentifikasi beberapa jenis batuan, diantaranya sebaran batuan lava dan piroklastik, yang merupakan satuan batuan asal gunungapi.

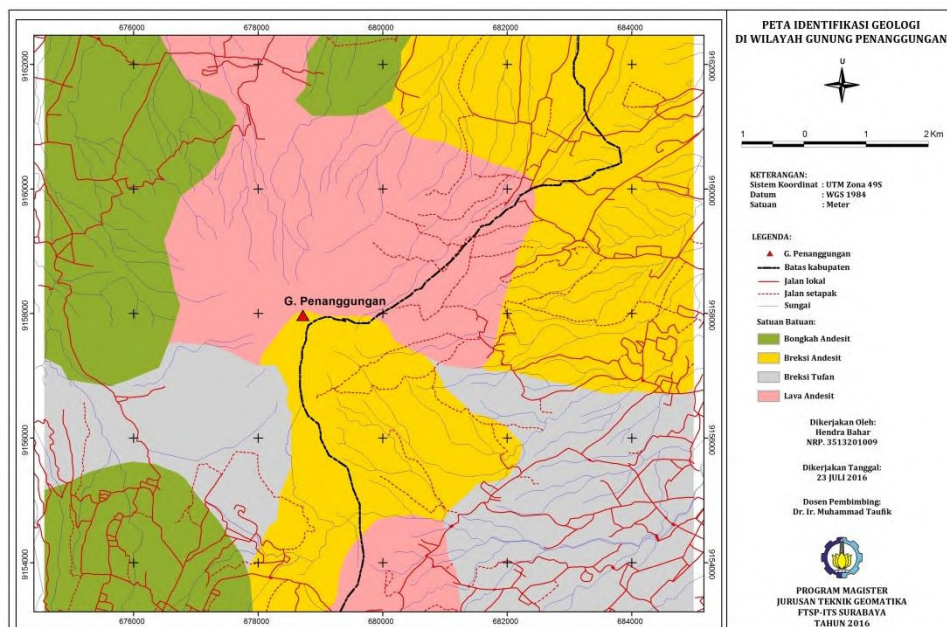
*Color composite RGB 567* dan *band ratio 4/2, 5/6, dan 6/7* memperlihatkan morfologi yang cukup jelas, lembah-lembah pola aliran permukaan, morfologi pegunungan dan lereng terlihat dengan jelas. Morfologi gunung api seperti kawah dan kerucut dapat dikenali berdasarkan bentuk-bentuk melingkar yang terlihat pada citra, sementara aliran piroklastik dapat dikenali dari arah pemanjangan lereng gunung api. Morfologi gunung api ini tersusun oleh batuan piroklastik (breksi dan tuf), serta batuan lava (gambar 4.9).

Batuan lava andesit dikenali dari ronanya yang berwarna gelap, tekstur kasar, dan pola pengaliran yang berpola radial. Batuan lava ini merupakan bagian dari bekas kawah dan aliran lava.

Batuan piroklastik, breksi andesit dapat diidentifikasi dari ronanya yang berwarna terang, tekstur kasar sampai dengan halus, bentuk memanjang, memiliki pola pengaliran radial, anular, dan menempati morfologi kerucut gunungapi serta lereng gunungapi yang tajam sebelah timurlaut.

Batuan piroklastik breksi tufan diidentifikasi dengan warna terang, tekstur sedang sampai dengan halus, memiliki pola aliran radial dan anular, berada pada morfologi lereng gunungapi tajam dan kaki gunungapi.

Batuan piroklastik bongkah andesit, merupakan material yang terbentuk hasil rombakan batuan sebelumnya karena proses vulkanisme. Batuan ini diidentifikasi dengan warna terang, tekstur sedang sampai dengan halus, memiliki pola aliran anular dan dentritik, berada pada morfologi lereng gunungapi tajam, di sebelah barat lokasi penelitian.



Gambar 4.9. Peta Geologi daerah penelitian berdasarkan klasifikasi citra Landsat 8 dan hasil pengamatan geologi lapangan

## LAMPIRAN PEMODELAN LANDSAT 8 MENGGUNAKAN 6SV

```

***** 6SV version 1.1
*
*
*          geometrical conditions identity
*
*          -----
*
*          user defined conditions
*
*
*
*   month: 10 day : 22
*
*   solar zenith angle: 24.05 deg   solar azimuthal
angle: 100.56 deg   *
*   view zenith angle: -0.00 deg   view azimuthal
angle: 359.87 deg   *
*   scattering angle: 155.95 deg   azimuthal angle
difference: 259.31 deg   *
*
*
*          atmospheric model description
*
*          -----
*
*          atmospheric model identity :
*
*          tropical
(uh2o=4.12g/cm2,uo3=.247cm-atm)   *
*          aerosols type identity :
*
*          Continental aerosol model
*
*          optical condition identity :
*
*          visibility : 7.80 km   opt. thick. 550
nm : 0.5303   *
*
*
*          spectral condition
*
*          -----
*
*          constant
*

```





```

*                                     % of irradiance at ground level
*
*      % of direct irr.      % of diffuse irr.      % of
enviro. irr                  *
*          0.533              0.447
0.020                        *
*                                     reflectance at satellite level
*
*      atm. intrin. ref.      background ref.      pixel
reflectance                  *
*          0.101              0.027
0.037                        *
*
*                                     int. absolute values of
*
*                                     -----
*
*                                     irr. at ground level (w/m2/mic)
*
*      direct solar irr.      atm. diffuse irr.
environment irr              *
*          773.002            647.071
29.158                       *
*                                     rad at satel. level
(w/m2/sr/mic)                *
*      atm. intrin. rad.      background rad.      pixel
radiance                    *
*          58.779            15.781
21.231                       *
*
*
*
*
*      int. funct filter (in mic)                                int.
sol. spect (in w/m2) *
*          0.0600000
119.927                      *
*
*
*                                     atmospheric correction result
*
*                                     -----
*
*      input apparent reflectance                                :
0.000                        *
*      measured radiance [w/m2/sr/mic]                          :
0.000                        *

```

```

*      atmospherically corrected reflectance
*
*      Lambertian case :      -0.16834
*
*      BRDF      case :      -0.16834
*
*      coefficients xa xb xc      :
0.00277  0.16280  0.20227      *
*      y=xa*(measured radiance)-xb;  acr=y/(1.+xc*y)
*
*****
*****

```

```

***** 6SV version 1.1
*
*
*          geometrical conditions identity
*
*          -----
*
*          user defined conditions
*
*
*
*  month: 10 day : 22
*
*  solar zenith angle: 24.05 deg  solar azimuthal
angle: 100.56 deg  *
*  view zenith angle: -0.00 deg  view azimuthal
angle: 359.87 deg  *
*  scattering angle: 155.95 deg  azimuthal angle
difference: 259.31 deg  *
*
*
*          atmospheric model description
*
*          -----
*
*          atmospheric model identity :
*
*          tropical
(uh2o=4.12g/cm2,uo3=.247cm-atm)  *
*          aerosols type identity :
*
*          Continental aerosol model
*
*          optical condition identity :
*
*          visibility : 7.80 km  opt. thick. 550
nm : 0.5303  *
*
*
*          spectral condition
*
*          -----
*
*          constant
*
*          value of filter function :
*

```







```

*      % of direct irr.      % of diffuse irr.      % of
enviro. irr      *
*          0.603          0.378
0.019      *
*          reflectance at satellite level
*
*      atm. intrin. ref.      background ref.      pixel
reflectance      *
*          0.063          0.029
0.051      *
*
*
*          int. absolute values of
*
*          -----
*
*          irr. at ground level (w/m2/mic)
*
*      direct solar irr.      atm. diffuse irr.
environment irr      *
*          847.757          531.607
26.826      *
*          rad at satel. level
(w/m2/sr/mic)      *
*      atm. intrin. rad.      background rad.      pixel
radiance      *
*          34.272          15.942
27.940      *
*
*
*
*          int. funct filter (in mic)      int.
sol. spect (in w/m2)      *
*          0.0600000
112.415      *
*
*
*          atmospheric correction result
*
*          -----
*
*      input apparent reflectance      :
0.000      *
*      measured radiance [w/m2/sr/mic]      :
0.000      *
*      atmospherically corrected reflectance
*

```

```

*      Lambertian case :      -0.09591
*
*      BRDF      case :      -0.09591
*
*      coefficients xa xb xc      :
0.00276  0.09446  0.15994      *
*      y=xa*(measured radiance)-xb;  acr=y/(1.+xc*y)
*
*****
*****

```

```

***** 6SV version 1.1
*
*
*          geometrical conditions identity
*
*          -----
*
*          user defined conditions
*
*
*
* month: 10 day : 22
*
* solar zenith angle: 24.05 deg solar azimuthal
angle: 100.56 deg *
* view zenith angle: -0.00 deg view azimuthal
angle: 359.87 deg *
* scattering angle: 155.95 deg azimuthal angle
difference: 259.31 deg *
*
*
*          atmospheric model description
*
*          -----
*
*          atmospheric model identity :
*
*          tropical
(uh2o=4.12g/cm2,uo3=.247cm-atm) *
*          aerosols type identity :
*
*          Continental aerosol model
*
*          optical condition identity :
*
*          visibility : 7.80 km opt. thick. 550
nm : 0.5303 *
*
*
*          spectral condition
*
*          -----
*
*          constant
*
*          value of filter function :
*

```

```

*           wl inf= 0.640 mic    wl sup= 0.670 mic
*
*
*
*           Surface polarization parameters
*
*           -----
*
*
*
*
*
*
*
*
*
*
* Surface Polarization Q,U,Rop,Chi    0.00000  0.00000
0.00000    0.00    *
*
*
*
*
*
*
*
*
*
*
*           target type
*
*           -----
*
*
*           homogeneous ground
*
*
*           spectral vegetation ground reflectance
0.084    *
*
*
*
*           target elevation description
*
*           -----
*
*
*           ground pressure  [mb] 1013.00
*
*
*           ground altitude  [km] 0.000
*
*
*
*
*
*
*
*           atmospheric correction
activated    *
*
*           -----
*
*
*           BRDF coupling correction
*
*
*           input measured radiance [w/m2/sr/mic]
0.000    *
*
*

```



```

*      % of direct irr.      % of diffuse irr.      % of
enviro. irr      *
*          0.668              0.321
0.011            *
*          reflectance at satellite level
*
*      atm. intrin. ref.      background ref.      pixel
reflectance      *
*          0.043              0.019
0.043            *
*
*
*          int. absolute values of
*          -----
*
*          irr. at ground level (w/m2/mic)
*
*      direct solar irr.      atm. diffuse irr.
environment irr      *
*          820.595              394.022
13.253            *
*          rad at satel. level
(w/m2/sr/mic)      *
*      atm. intrin. rad.      background rad.      pixel
radiance          *
*          19.680              8.591
19.736            *
*
*
*
*          int. funct filter (in mic)              int.
sol. spect (in w/m2) *
*          0.0300000
47.512            *
*
*
*          atmospheric correction result
*          -----
*
*      input apparent reflectance              :
0.000            *
*      measured radiance [w/m2/sr/mic]          :
0.000            *
*      atmospherically corrected reflectance
*

```



```

*      Lambertian case :      -0.05971
*
*      BRDF      case :      -0.05971
*
*      coefficients xa xb xc      :
0.00301  0.05925  0.12863      *
*      y=xa*(measured radiance)-xb;  acr=y/(1.+xc*y)
*
*****
*****

```

```

***** 6SV version 1.1
*
*
*          geometrical conditions identity
*
*          -----
*
*          user defined conditions
*
*
*
*  month: 10 day : 22
*
*  solar zenith angle: 24.05 deg  solar azimuthal
angle: 100.56 deg  *
*  view zenith angle: -0.00 deg  view azimuthal
angle: 359.87 deg  *
*  scattering angle: 155.95 deg  azimuthal angle
difference: 259.31 deg  *
*
*
*          atmospheric model description
*
*          -----
*
*          atmospheric model identity :
*
*          tropical
(uh2o=4.12g/cm2,uo3=.247cm-atm)  *
*          aerosols type identity :
*
*          Continental aerosol model
*
*          optical condition identity :
*
*          visibility : 7.80 km  opt. thick. 550
nm : 0.5303  *
*
*
*          spectral condition
*
*          -----
*
*          constant
*
*          value of filter function :
*

```

```

*               wl inf= 0.850 mic   wl sup= 0.880 mic
*
*
*
*               Surface polarization parameters
*
*               -----
*
*               *
*
*               *
*               *
*               *
*
* Surface Polarization Q,U,Rop,Chi   0.00000  0.00000
0.00000   0.00   *
*
*
*
*
*               target type
*
*               -----
*
*               homogeneous ground
*
*               spectral vegetation ground reflectance
0.530   *
*
*
*               target elevation description
*
*               -----
*
*               ground pressure  [mb] 1013.00
*
*               ground altitude  [km] 0.000
*
*
*
*               atmospheric correction
activated   *
*
*               -----
*
*               *
*
*               BRDF coupling correction
*
*               input measured radiance [w/m2/sr/mic]
0.000   *
*
*

```



```

*      % of direct irr.      % of diffuse irr.      % of
enviro. irr      *
*              0.732              0.221
0.047              *
*              reflectance at satellite level
*
*      atm. intrin. ref.      background ref.      pixel
reflectance      *
*              0.025              0.099
0.359              *
*
*
*              int. absolute values of
*
*              -----
*
*              irr. at ground level (w/m2/mic)
*
*      direct solar irr.      atm. diffuse irr.
environment irr      *
*              623.407              188.052
39.640              *
*              rad at satel. level
(w/m2/sr/mic)      *
*      atm. intrin. rad.      background rad.      pixel
radiance      *
*              7.098              28.383
102.693              *
*
*
*
*      int. funct filter (in mic)      int.
sol. spect (in w/m2)      *
*              0.0300000
29.560              *
*
*
*              atmospheric correction result
*
*              -----
*
*      input apparent reflectance      :
0.000              *
*      measured radiance [w/m2/sr/mic]      :
0.000              *
*      atmospherically corrected reflectance
*

```

```

*      Lambertian case :      -0.03018
*
*      BRDF      case :      -0.03018
*
*      coefficients xa xb xc      :
0.00424  0.03010  0.08791      *
*      y=xa*(measured radiance)-xb;  acr=y/(1.+xc*y)
*
*****
*****

```

```

***** 6SV version 1.1
*
*
*          geometrical conditions identity
*
*          -----
*
*          user defined conditions
*
*
*
*  month: 10 day : 22
*
*  solar zenith angle: 24.05 deg  solar azimuthal
angle: 100.56 deg  *
*  view zenith angle: -0.00 deg  view azimuthal
angle: 359.87 deg  *
*  scattering angle: 155.95 deg  azimuthal angle
difference: 259.31 deg  *
*
*
*          atmospheric model description
*
*          -----
*
*          atmospheric model identity :
*
*          tropical
(uh2o=4.12g/cm2,uo3=.247cm-atm)  *
*          aerosols type identity :
*
*          Continental aerosol model
*
*          optical condition identity :
*
*          visibility : 7.80 km  opt. thick. 550
nm : 0.5303  *
*
*
*          spectral condition
*
*          -----
*
*          constant
*
*          value of filter function :
*

```







```

*      % of direct irr.      % of diffuse irr.      % of
enviro. irr      *
*          0.878              0.109
0.013            *
*          reflectance at satellite level
*
*      atm. intrin. ref.      background ref.      pixel
reflectance      *
*          0.008              0.034
0.300            *
*
*
*          int. absolute values of
*          -----
*
*          irr. at ground level (w/m2/mic)
*
*      direct solar irr.      atm. diffuse irr.
environment irr      *
*          187.523            23.219
2.779            *
*          rad at satel. level
(w/m2/sr/mic)      *
*      atm. intrin. rad.      background rad.      pixel
radiance          *
*          0.553              2.461
21.646            *
*
*
*
*          int. funct filter (in mic)              int.
sol. spect (in w/m2) *
*          0.0800000
19.851            *
*
*
*          atmospheric correction result
*          -----
*
*      input apparent reflectance      :
0.000            *
*      measured radiance [w/m2/sr/mic]      :
0.000            *
*      atmospherically corrected reflectance
*

```

```

*      Lambertian case :      -0.00875
*
*      BRDF      case :      -0.00875
*
*      coefficients xa xb xc      :
0.01583  0.00875  0.03457      *
*      y=xa*(measured radiance)-xb;  acr=y/(1.+xc*y)
*
*****
*****

```

```

***** 6SV version 1.1
*
*
*          geometrical conditions identity
*
*          -----
*
*          user defined conditions
*
*
*
*  month: 10 day : 22
*
*  solar zenith angle: 24.05 deg  solar azimuthal
angle: 100.56 deg  *
*  view zenith angle: -0.00 deg  view azimuthal
angle: 359.87 deg  *
*  scattering angle: 155.95 deg  azimuthal angle
difference: 259.31 deg  *
*
*
*          atmospheric model description
*
*          -----
*
*          atmospheric model identity :
*
*          tropical
(uh2o=4.12g/cm2,uo3=.247cm-atm)  *
*          aerosols type identity :
*
*          Continental aerosol model
*
*          optical condition identity :
*
*          visibility : 7.80 km  opt. thick. 550
nm : 0.5303  *
*
*
*          spectral condition
*
*          -----
*
*          constant
*
*          value of filter function :
*

```





```

*      % of direct irr.      % of diffuse irr.      % of
enviro. irr      *
*              0.912              0.083
0.004              *
*              reflectance at satellite level
*
*      atm. intrin. ref.      background ref.      pixel
reflectance      *
*              0.003              0.014
0.172              *
*
*
*              int. absolute values of
*
*              -----
*
*              irr. at ground level (w/m2/mic)
*
*      direct solar irr.      atm. diffuse irr.
environment irr      *
*              62.150              5.688
0.287              *
*              rad at satel. level
(w/m2/sr/mic)      *
*      atm. intrin. rad.      background rad.      pixel
radiance      *
*              0.063              0.350
4.176              *
*
*
*
*      int. funct filter (in mic)      int.
sol. spect (in w/m2)      *
*              0.1799999
15.016              *
*
*
*              atmospheric correction result
*
*              -----
*
*      input apparent reflectance      :
0.000              *
*      measured radiance [w/m2/sr/mic]      :
0.000              *
*      atmospherically corrected reflectance
*

```

```

*      Lambertian case :      -0.00319
*
*      BRDF      case :      -0.00319
*
*      coefficients xa xb xc      :
0.05044  0.00319  0.01852      *
*      y=xa*(measured radiance)-xb;  acr=y/(1.+xc*y)
*
*****
*****

```



## LAMPIRAN METADATA CITRA SATELIT LANDSAT-8

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
  GROUP = METADATA_FILE_INFO
    ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological
Survey"
    REQUEST_ID = "0501510220680_00017"
    LANDSAT_SCENE_ID = "LC81180652015295LGN00"
    FILE_DATE = 2015-10-22T06:36:26Z
    STATION_ID = "LGN"
    PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_2.5.1"
  END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1T"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
  WRS_PATH = 118
  WRS_ROW = 65
  NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
  TARGET_WRS_PATH = 118
  TARGET_WRS_ROW = 65
  DATE_ACQUIRED = 2015-10-22
  SCENE_CENTER_TIME = "02:35:49.7774519Z"
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.18161
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = 112.07196
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = -6.17343
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = 114.13944
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.29526
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = 112.07696
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = -8.28424
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = 114.15407
  CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 618600.000
  CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -683400.000
  CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 847500.000
  CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -683400.000
  CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 618600.000
  CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -917100.000
  CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 847500.000
  CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -917100.000
  PANCHROMATIC_LINES = 15581
  PANCHROMATIC_SAMPLES = 15261
  REFLECTIVE_LINES = 7791
  REFLECTIVE_SAMPLES = 7631
  THERMAL_LINES = 7791
  THERMAL_SAMPLES = 7631
```

```

FILE_NAME_BAND_1 = "LC81180652015295LGN00_B1.TIF"
FILE_NAME_BAND_2 = "LC81180652015295LGN00_B2.TIF"
FILE_NAME_BAND_3 = "LC81180652015295LGN00_B3.TIF"
FILE_NAME_BAND_4 = "LC81180652015295LGN00_B4.TIF"
FILE_NAME_BAND_5 = "LC81180652015295LGN00_B5.TIF"
FILE_NAME_BAND_6 = "LC81180652015295LGN00_B6.TIF"
FILE_NAME_BAND_7 = "LC81180652015295LGN00_B7.TIF"
FILE_NAME_BAND_8 = "LC81180652015295LGN00_B8.TIF"
FILE_NAME_BAND_9 = "LC81180652015295LGN00_B9.TIF"
FILE_NAME_BAND_10 = "LC81180652015295LGN00_B10.TIF"
FILE_NAME_BAND_11 = "LC81180652015295LGN00_B11.TIF"
FILE_NAME_BAND_QUALITY =
"LC81180652015295LGN00_BQA.TIF"
METADATA_FILE_NAME =
"LC81180652015295LGN00_MTL.txt"
BPF_NAME_OLI =
"LO8BPF20151022021229_20151022035058.01"
BPF_NAME_TIRS =
"LT8BPF20151022020835_20151022034704.01"
CPF_NAME = "L8CPF20151001_20151231.01"
RLUT_FILE_NAME = "L8RLUT20150303_20431231v11.h5"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 25.11
CLOUD_COVER_LAND = 29.61
IMAGE_QUALITY_OLI = 9
IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "NOMINAL"
ROLL_ANGLE = -0.001
SUN_AZIMUTH = 100.55560286
SUN_ELEVATION = 65.95202897
EARTH_SUN_DISTANCE = 0.9953527
GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 2
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 222
GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 8.708
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 6.368
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 5.939
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 767.17664
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -63.35369
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 785.59821
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -64.87495
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 723.92206
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -59.78172
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 610.45184
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -50.41131
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 373.56610

```

```

RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -30.84921
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 92.90249
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.67192
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 31.31311
RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.58585
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 690.86353
RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -57.05173
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 145.99809
RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -12.05657
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_10 = 22.00180
RADIANCE_MINIMUM_BAND_10 = 0.10033
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_11 = 22.00180
RADIANCE_MINIMUM_BAND_11 = 0.10033
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535

```

```

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
END_GROUP = MIN MAX PIXEL VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2673E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2978E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1959E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 1.0084E-02
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.1711E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.5347E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 5.1727E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1413E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.4118E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -63.36637
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -64.88794
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -59.79368
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -50.42140
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -30.85538
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.67345
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.58636
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -57.06315
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -12.05898
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000

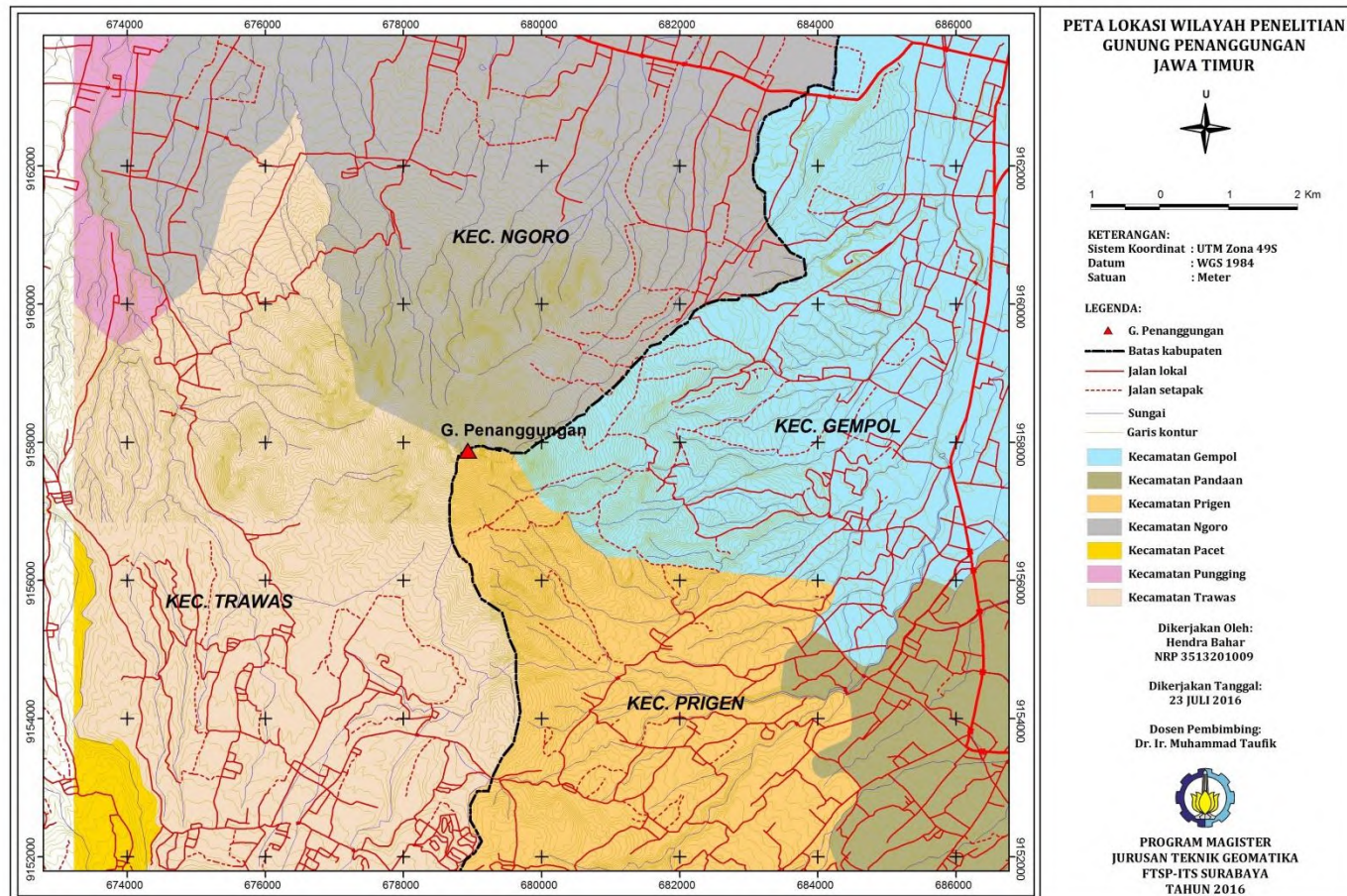
```

```

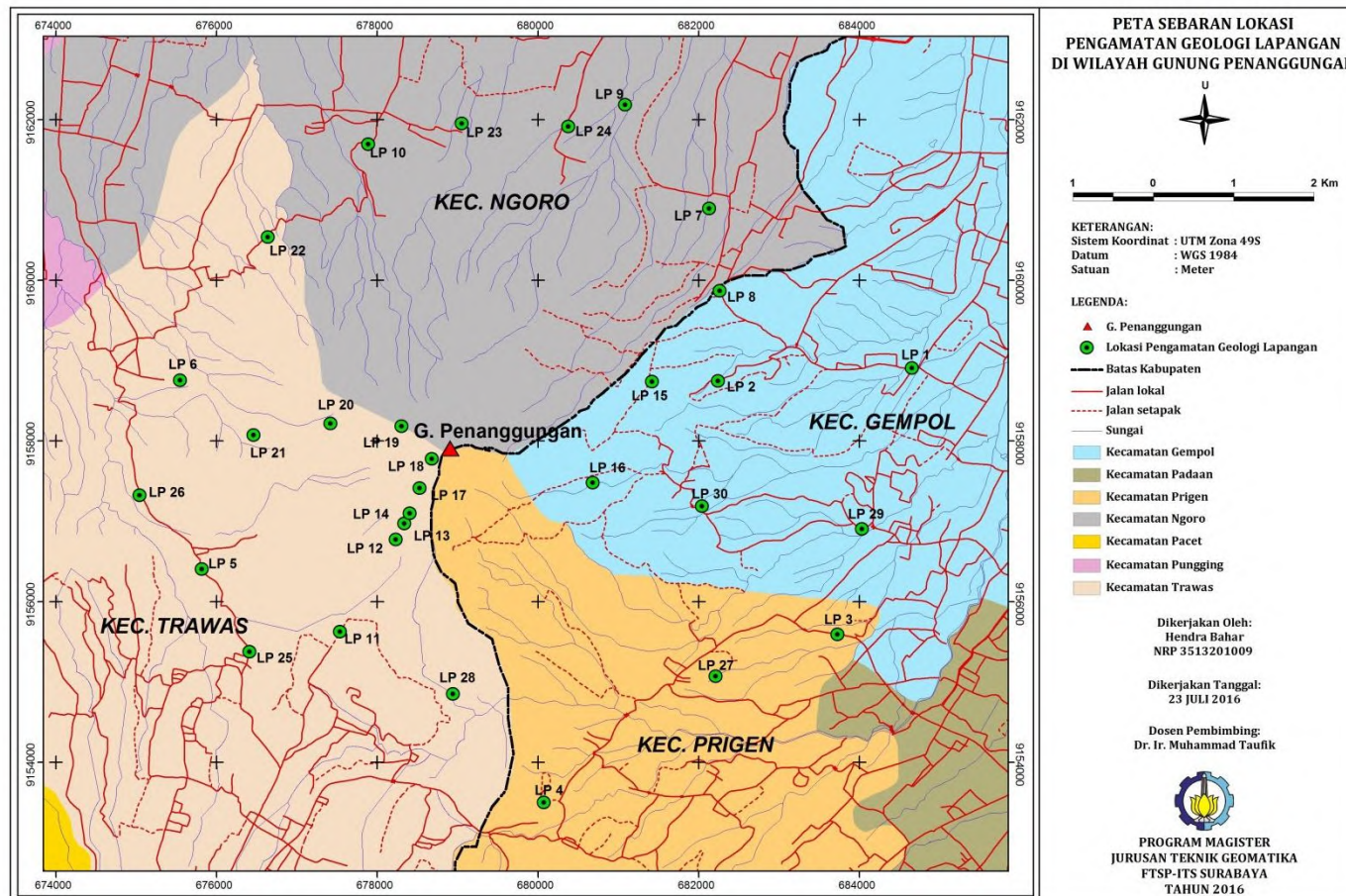
    REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
    REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
    REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
    K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
    K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.8883
    K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789
    K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.1442
END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
    MAP_PROJECTION = "UTM"
    DATUM = "WGS84"
    ELLIPSOID = "WGS84"
    UTM_ZONE = 49
    GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00
    GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
    GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
    ORIENTATION = "NORTH_UP"
    RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END

```

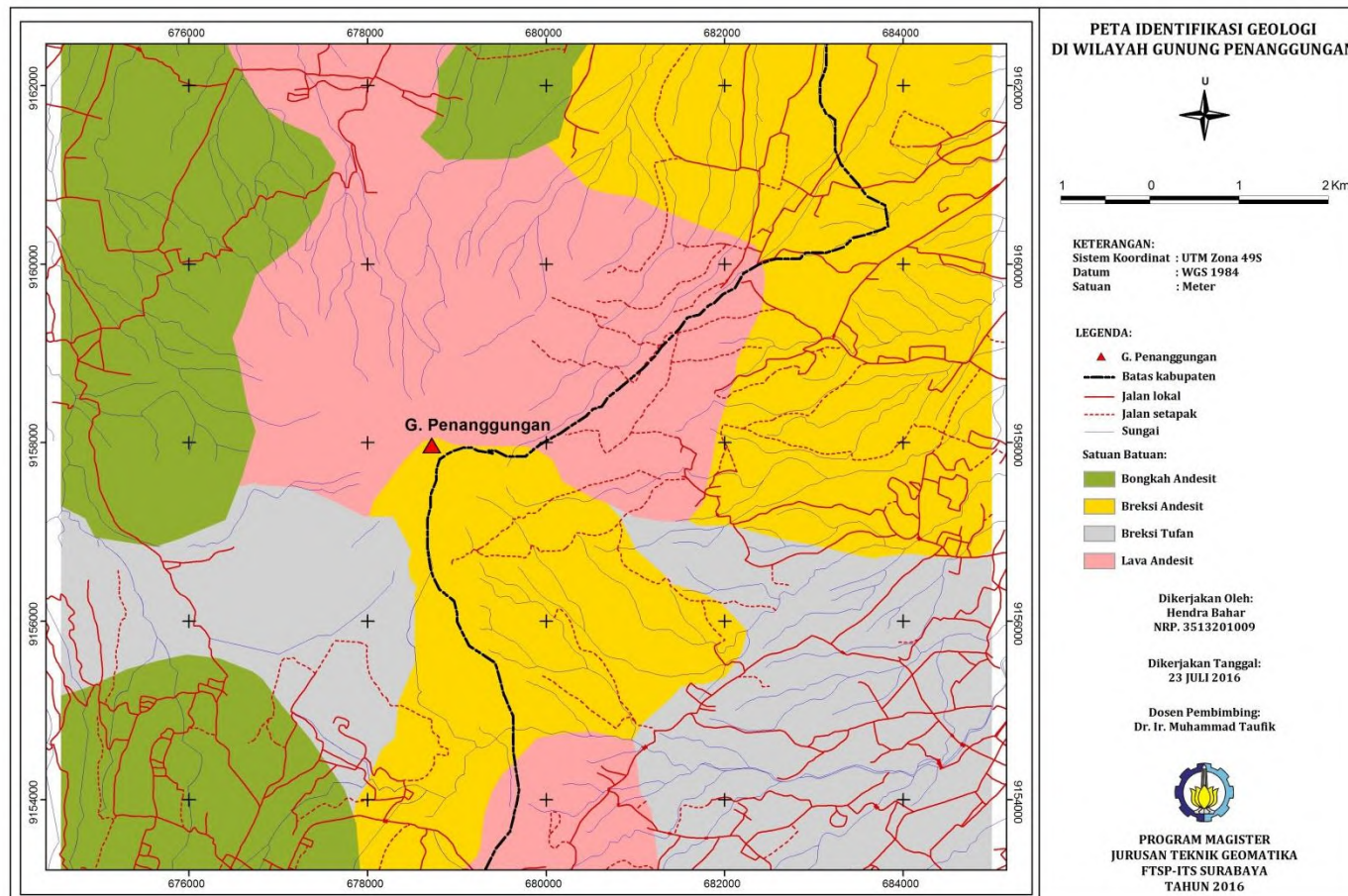


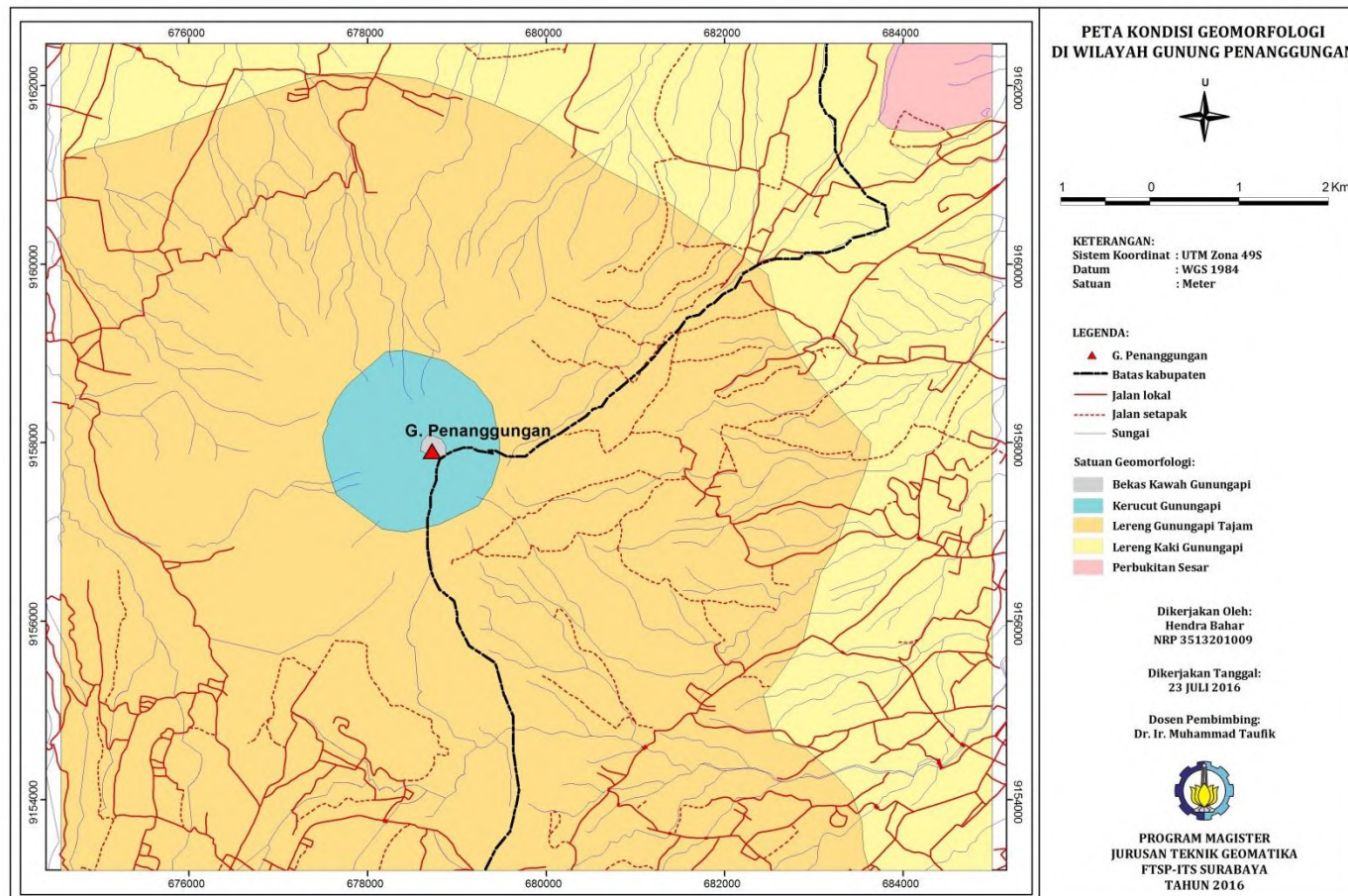












## KESIMPULAN

### A. Kesimpulan

1. Citra satelit Landsat 8 dengan kombinasi kanal (*color composite* kanal 5, 6, 7 dan *band ratio* kanal 4/2, 5/6, dan 6/7) akan menghasilkan citra komposit dengan warna semu (*pseudocolor*), merupakan kanal-kanal inframerah. Kanal ini peka terhadap perubahan jenis batuan sehingga sebaran batuan dapat diidentifikasi dari citra komposit ini.
2. Dari pengamatan citra satelit Landsat 8 serta digabungkan dengan hasil pengamatan geologi lapangan, terlihat bahwa di daerah penelitian memiliki morfologi pegunungan, terbagi dalam puncak gunungapi (berupa daerah bekas kawah gunung), kerucut gunungapi, lereng gunung api tajam, lereng kaki gunungapi, serta perbukitan sesar.
3. Berdasarkan hasil interpretasi citra satelit Landsat 8 maka litologi penyusun lokasi penelitian secara umum terdiri dari 4 (empat) jenis batuan, yaitu bongkah andesit, breksi tufan, lava andesit, dan breksi andesit. Batuan tersebut merupakan produk hasil vulkanisme Gunung Penanggungan.

### B. Saran

1. Penggunaan komposit warna untuk analisa kondisi geologi menggunakan citra Landsat 8 selain menggunakan kanal inframerah, juga perlu diperhatikan kondisi tutupan lahan (vegetasi) yang ada di lokasi penelitian.
2. Pemilihan data citra Landsat 8 harus dipertimbangkan kejernihan citra agar tidak terlalu terpengaruh oleh kondisi awan dan juga sudut matahari.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A. S. O., dan Pour, A. B., (2014), "Lithological mapping and hydrothermal alteration using Landsat 8 data: a case study ariab mining district, red sea hills, Sudan", *International Journal of Basic and Applied Sciences, Science Publishing Corp.*
- Arunachalam, M., Udhayaraj, A. D., Jacob, A., NarenPrabakaran, V. P., Vasanth, M. S., dan Saravanavel, J., (2014), "Hydrothermal Mineral Alteration Mapping in parts of Northwestern Tamil Nadu, India - using Geospatial Technology", *ISRS Proceeding Papers of Sort Interactive Session ISPRS TC VIII, International Symposium on "Operational Remote Sensing Applications: Opportunities, Progress and Challenges"*, India.
- Gordon, H.R., (1988), "Exact Rayleigh Scattering Calculations for use with the Nimbus-7 Coastal Zone Color Scanner", *Applied Optics*, Vol. 27.
- Han, T., dan Nelson, JA., (2015), "Mapping hydrothermally altered rocks with Landsat 8 imagery: A case study in the KSM and Snowfield zones, northwestern British Columbia", *Geological Fieldwork 2014, British Columbia Ministry of Energy and Mines, British Columbia Geological Survey Paper.*
- Indrastomo, F. D., Sukadana, I. G., Saepuloh, A., Harsolumakso, A. H., dan Kamajati, D., (2015), "Interpretasi Vulkanostratigrafi Daerah Mamuju Berdasarkan Analisis Citra Landsat-8", *Jurnal Eksplorium* Vol. 36 No. 2.
- Kustiyo, (2014), "Pengembangan Metoda Koreksi Radiometrik Citra Spot 4 Multi-Spektral dan Multi-Temporal untuk Mosaik Citra", Seminar Nasional Penginderaan Jauh, LAPAN.
- Lillesand, T. M., dan Kiefer, R. W., (2000), "Remote Sensing and Image Interpretation", 4<sup>th</sup> edition, *Wiley & Sons*, New York.
- Mwaniki, M. W., Moeller, M. S., dan Schellmann, G., (2015), "A comparison of Landsat 8 (OLI) and Landsat 7 (ETM+) in mapping geology and visualising lineaments: A case study of central region Kenya", *The*

*International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36<sup>th</sup> International Symposium on Remote Sensing of Environment, Berlin.

- Oyama, Y., (2008), "Application of Spectral Decomposition Algorithm for Mapping Water Quality in A Turbid Lake (Lake Kasumigaura, Japan) From Landsat TM Data", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 64.
- Santosa, S., dan Suwarti, T., (1992), "Peta Geologi Lembar Malang, Jawa", Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Schmid, R., (1981), "Descriptive nomenclature and classification of pyroclastics deposits and fragments, recommendation of the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks", *Geology* Vol. 9.
- USGS, (2012), "Landsat Data Continuity Mission (LDCM) Level 1 (L1) Data Format Control Book (DFCB) Version 6.0", *Departement of the Interior U. S. Geological Survey*, South Dakota.
- USGS, (2013), <URL: [http://Landsat.usgs.gov/band\\_designations\\_Landsat\\_satellites.php](http://Landsat.usgs.gov/band_designations_Landsat_satellites.php)>, dikunjungi pada tanggal 29 September 2015, jam 21.04.
- Van Bemmelen, R.W., (1949), "The Geology of Indonesia", Vol. IA, *General Geology, Government Printing Office, Martinus Nijhoff, The Hague*, Belanda.
- Vermonte, E., (1997), "Second Simulation of The Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: An overview", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 35, No. 3.
- Zhu, J., (2011), "Atmospheric Correction of ENVISAT/MERIS Data Over Case II Waters: The Use of Black Pixel Assumption in Oxygen and Water Vapour Absorption Bands", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 33, No. 12.

## BIOGRAFI PENULIS



**Hendra Bahar**, dilahirkan di Jakarta, pada tanggal 20 Agustus 1974. Anak pertama dari empat bersaudara. Telah menempuh pendidikan formal di SD 2 YPP-7 Dumai, SMP YPP-7 Dumai, dan SMA PGRI-1 Padang. Setelah lulus dari SMA penulis melanjutkan kuliah S-1 di Jurusan Teknik Geologi FT – UGM tahun 1993, namun karena tidak selesai penulis kemudian meneruskan S-1 di Jurusan Teknik Geologi FTMK – ITATS. Selama menjadi mahasiswa S-1, penulis aktif sebagai asisten praktikum matakuliah Geofisika Eksplorasi di Jurusan Teknik Geologi FT – UGM. Penulis pernah bekerja dibidang survei, pengukuran, dan perencanaan dalam rangka pembangunan perumahan di Yogyakarta. Penulis juga pernah bekerja dibidang jasa yaitu konsultan teknik dan manajemen sebagai staf ahli geologi pada salah satu konsultan di Sidoarjo. Saat tesis ini dibuat penulis merupakan staf pengajar di Jurusan Teknik Geologi FTMK – ITATS. Untuk menyelesaikan studi S-1, penulis memilih bidang keahlian Geologi Tata Lingkungan yaitu pengkhususan pada sumberdaya air tanah dengan judul “Studi Potensi dan Pemanfaatan Air Tanah di Kecamatan Beji Kabupaten Pasuruan”. Ketertarikan penulis pada bidang Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG), membuat penulis melanjutkan studi S-2 di Jurusan Teknik Geomatika FTSP – ITS tahun 2013. Dalam tesisnya, penulis berfokus pada analisa citra satelit penginderaan jauh untuk penelitian kondisi geologi pada suatu wilayah vulkanik, yaitu dengan judul “Analisa Citra Satelit Penginderaan Jauh Landsat-8 untuk Identifikasi Kondisi Geologi Wilayah Vulkanik (Studi Kasus: Gunung Penanggungan, Jawa Timur)”.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***